

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-084165

(43)Date of publication of application : 31.03.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18
H01L 33/00

(21)Application number : 08-237049

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 06.09.1996

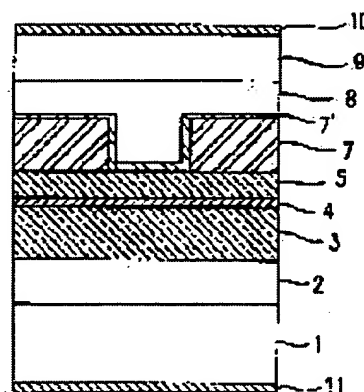
(72)Inventor : HATA TOSHIO

(54) GALLIUM NITRIDE SYSTEM COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a gallium nitride system semiconductor light emitting device, which has a high quality re-growth boundary surface and facilitates the improvement of reliability and device characteristics.

SOLUTION: An N-type GaN buffer layer 2, an N-type Al_{0.1}Ga_{0.9}N cladding layer 3, a non-doped In_{0.15}Ga_{0.85}N active layer 4, an Mg-doped Al_{0.1}Ga_{0.9}N cladding layer 5, and N-type Al_{0.05}Ga_{0.95}N internal current constriction layer 7, an Mg-doped Al_{0.1}Ga_{0.9}N cladding layer 8 and an Mg-doped GaN contact layer 9 are formed on a low resistance N-type SiC substrate 1 in this order. An N-type side electrode 11 is formed on the bottom surface of the low resistance N-type SiC substrate 1 and a P-type side electrode 10 is formed on the upper surface of the Mg-doped GaN contact layer 9. Then, a surface protective layer 7' is so formed as to cover the surfaces of the N-type Al_{0.05}Ga_{0.95}N internal current constriction layer 7 and the exposed the Mg-doped Al_{0.1}Ga_{0.9}N cladding layer 5.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-84165

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月31日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	
H 0 1 L 33/00			H 0 1 L 33/00	C

審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願平8-237049

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月6日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 幡 俊雄

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

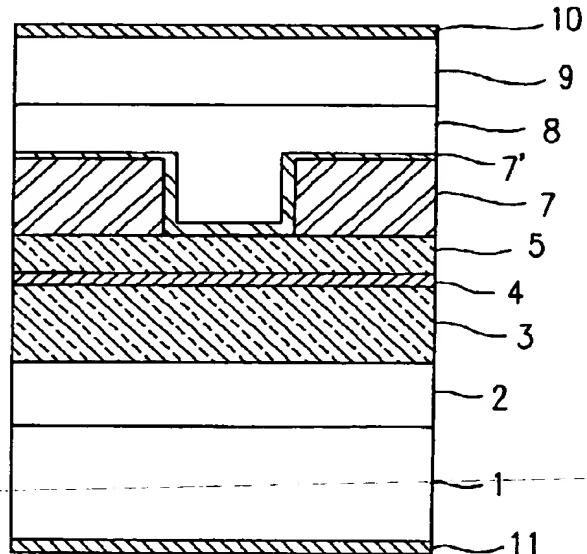
(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 品質の高い再成長界面を有し、信頼性及び素子特性を向上できる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 低抵抗N型SiC基板1上に、N型GaNバッファ層2、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層3、ノンドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N活性層4、MgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}N内部電流狭窄層7、MgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層8及びMgドープGaNコンタクト層9をこの順に形成し、低抵抗N型SiC基板1の底面にN型用電極11を、MgドープGaNコンタクト層9の上面にP型用電極10を形成する。その上で、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}N内部電流狭窄層7及び露出したMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層8の表面を覆うように表面保護層7'を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に窒化ガリウム系化合物半導体層を複数積層してなる積層構造体を形成した窒化ガリウム系化合物半導体発光素子であって、

該積層構造体は、

活性層と、

該活性層を挟む基板側の下部クラッド層及び反基板側の上部クラッド層と、

該上部クラッド層上に形成され、開口を有する内部電流狭窄層と、

該内部電流狭窄層を覆う表面保護層と、

該表面保護層の上に形成された再成長層とを有し、該表面保護層を該再成長層の再成長温度よりも低い成長温度で成長させた窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 非導電型基板と、

該非導電型基板の上に形成された第一導電型バッファ層と、

該第一導電型バッファ層の上に形成された第一導電型下部クラッド層と、

該第一導電型下部クラッド層の上に形成された活性層と、

該活性層の上に形成された第二導電型上部クラッド層と、

該第二導電型上部クラッド層の上に形成され、開口を有する第一導電型内部電流狭窄層と、

該第一導電型内部電流狭窄層を覆う第二導電型表面保護層と、

該第二導電型表面保護層の上に形成された再成長第二導電型クラッド層及び第二導電型コンタクト層とを有し、

該第二導電型表面保護層を該再成長第二導電型クラッドの再成長温度よりも低い成長温度で成長させた窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項3】 第一導電型を有する基板と、

該基板の上に形成された第一導電型バッファ層と、

該第一導電型バッファ層の上に形成された第一導電型下部クラッド層と、

該第一導電型下部クラッド層の上に形成された活性層と、

該活性層の上に形成された第二導電型上部クラッド層と、

該第二導電型上部クラッド層の上に形成され、開口を有する第一導電型内部電流狭窄層と、

該第一導電型内部電流狭窄層を覆う第二導電型表面保護層と、

該第二導電型表面保護層の上に形成された再成長第三導電型クラッド層及び第二導電型コンタクト層とを有し、

該第二導電型表面保護層を該再成長第二導電型クラッドの再成長温度よりも低い成長温度で成長させた窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項4】 前記表面保護層の成長温度が材料ガスの

分解効率が悪くならない温度以上、前記内部電流狭窄層及び前記上部クラッド層が蒸発しない温度以下、好ましくは400℃以上650℃以下である請求項1～請求項3のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項5】 前記表面保護層が $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$)、前記内部電流狭窄層が $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$)、前記下部及び上部クラッド層が $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$)、前記活性層が $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$ 、但し $x = 0$ のとき $y \neq 0$)である請求項1～請求項4のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項6】 前記表面保護層が $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 0.5$)、好ましくは $Al_tGa_{1-t}N$ ($0.05 < t < 0.2$)である請求項1～請求項5のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項7】 非導電型基板を成長室内に挿入し、該非導電型基板上にN型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、

該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ バッファ層の上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、

該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$ 、但し、 $x = 0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、

該 $In_yGa_{1-y}N$ 活性層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、

該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上にN型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、

前記の各層が形成された非導電型基板を成長室から取り出し、該N型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の一部を除去して開口を形成する工程と、

該非導電型基板を再度成長室内に挿入し、該N型内部電流狭窄層の上にP型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、

該P型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長P型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) クラッド層及び再成長P型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該P型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長P型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ クラッド層の再成長温度よりも低い成長温度で行う窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項8】 非導電型基板を成長室内に挿入し、該非導電型基板上にP型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、

該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ バッファ層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、

該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$ 、但し、 $x = 0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、

該活性層の上に形成された第二導電型上部クラッド層と、

該第二導電型上部クラッド層の上に形成され、開口を有する第一導電型内部電流狭窄層と、

該第一導電型内部電流狭窄層を覆う第二導電型表面保護層と、

該第二導電型表面保護層の上に形成された再成長第三導電型クラッド層及び第二導電型コンタクト層とを有し、

$I_{n,y}N$ ($0 \leq y \leq 1$, 但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、

該 $I_{n,y}Ga_{1-x}N$ 活性層の上に N 型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、

該 N 型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上に P 型内部電流狭窄層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、

前記の各層が形成された非導電型基板を成長室から取り出し、該 P 型内部電流狭窄層 $Al_tGa_{1-t}N$ の一部を除去して開口を形成する工程と、

該非導電型基板を再度成長室内に挿入し、該 P 型内部電流狭窄層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に N 型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、

該 N 型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長 N 型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) クラッド層及び再成長 N 型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該 N 型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長 N 型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ クラッド層の再成長温度よりも低い成長温度で行う窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項9】 導電型基板を成長室内に挿入し、該導電型基板上に N 型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、

該 N 型 $Al_uGa_{1-u}N$ バッファ層の上に N 型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、

該 N 型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $I_{n,y}Ga_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$, 但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、

該 $I_{n,y}Ga_{1-y}N$ 活性層の上に P 型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、

該 P 型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上に N 型内部電流狭窄層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、

前記の各層が形成された導電型基板を成長室から取り出し、該 N 型内部電流狭窄層 $Al_tGa_{1-t}N$ の一部を除去して開口を形成する工程と、

該導電型基板を再度成長室内に挿入し、該 N 型内部電流狭窄層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に P 型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、

該 P 型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長 P 型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) クラッド層及び再成長 P 型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該 P 型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長 P 型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ クラッド層の再成長温度よりも低い成長温度で行う窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項10】 導電型基板を成長室内に挿入し、該導電型基板上に P 型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、

該 P 型 $Al_uGa_{1-u}N$ バッファ層の上に P 型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、

該 P 型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $I_{n,y}Ga_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$, 但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、

該 $I_{n,y}Ga_{1-y}N$ 活性層の上に N 型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、

該 N 型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上に P 型内部電流狭窄層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、

前記の各層が形成された導電型基板を成長室から取り出し、該 P 型内部電流狭窄層 $Al_tGa_{1-t}N$ の一部を除去して開口を形成する工程と、

該導電型基板を成長室内に再度挿入し、該 P 型内部電流狭窄層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に N 型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、

該 N 型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長 N 型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) クラッド層及び再成長 N 型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、 N 型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長 N 型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ クラッド層の再成長温度よりも低い成長温度で行う窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項11】 前記 P 型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ 又は前記 N 型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長温度が、材料ガスの分解効率が悪くならない温度以上、前記内部電流狭窄層及び前記上部クラッド層が蒸発しない温度以下、好ましくは 400°C 以上 650°C 以下である請求項7～請求項10のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項12】 基板上に窒化ガリウム系化合物半導体層を複数積層してなる積層構造体を形成した窒化ガリウム系化合物半導体発光素子であって、

該積層構造体は、

活性層と、

該活性層を挟む基板側の下部クラッド層及び反基板側の上部クラッド層と、

該上部クラッド層上に形成され、開口を有する内部電流狭窄層と、

該開口によって露出する該上部クラッド層の表面近傍に形成された高濃度不純物領域と、

該内部電流狭窄層を覆う蒸発防止層と、

該蒸発防止層の上に形成された再成長層とを有し、該蒸発防止層を該再成長層の再成長温度よりも低い成長温度で成長させた窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項13】 非導電型基板と、

該非導電型基板上に形成された第一導電型バッファ層と、

50 該第一導電型バッファ層の上に形成された第一導電型下

部クラッド層と、
 該第一導電型下部クラッド層の上に形成された活性層と、
 該活性層の上に形成された第二導電型上部クラッド層と、
 該第二導電型上部クラッド層の上に形成され、一部が除去された第二導電型の再蒸発層及び該再蒸発層の除去された部分に対応する幅の開口を有する第一導電型内部電流狭窄層と、
 該再蒸発層の一部除去及び該開口によって露出する該第二導電型上部クラッド層の表面近傍に第二導電型不純物としての金属が堆積又はイオン注入されてなる高濃度不純物領域と、
 該第一導電型内部電流狭窄層を覆うように形成され、該第二導電型不純物の蒸発を防止する蒸発防止層と、
 該蒸発防止層の上に形成された再成長第二導電型クラッド層及び第二導電型コンタクト層とを有し、該蒸発防止層を該再成長第二導電型クラッド層の再成長温度よりも低い成長温度で成長させた窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。
 【請求項14】 第一導電型を有する基板と、
 該基板上に形成された第一導電型バッファ層と、
 該第一導電型バッファ層の上に形成された第一導電型下部クラッド層と、
 該第一導電型下部クラッド層の上に形成された活性層と、
 該活性層の上に形成された第二導電型上部クラッド層と、
 該第二導電型上部クラッド層の上に形成され、一部が除去された第二導電型の再蒸発層及び該再蒸発層の除去された部分に対応する幅の開口を有する第一導電型内部電流狭窄層と、
 該再蒸発層の一部除去及び該開口によって露出する該第二導電型上部クラッド層の表面近傍に第二導電型不純物としての金属が堆積又はイオン注入されてなる高濃度不純物領域と、
 該第一導電型内部電流狭窄層を覆うように形成され、該第二導電型不純物の蒸発を防止する蒸発防止層と、
 該蒸発防止層の上に形成された再成長第二導電型クラッド層及び第二導電型コンタクト層とを有し、該蒸発防止層を該再成長第二導電型クラッド層の再成長温度よりも低い成長温度で成長させた窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。
 【請求項15】 前記蒸発防止層が $\text{Al}_t\text{Ga}_{1-t}\text{N}$ ($0 < t < 1$)、前記再蒸発層が $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 < z \leq 1$)、前記内部電流狭窄層が $\text{Al}_w\text{Ga}_{1-w}\text{N}$ ($0 \leq w \leq 1$)、前記クラッド層が $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$)、前記活性層が $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y \leq 1$, 但し $x = 0$ のとき $y \neq 0$) である請求項12～請求項14のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

子。

【請求項16】 前記第一導電型がN型半導体、前記第二導電型がP型半導体であり、露出された第二導電型上部クラッド層の表面近傍に形成されたP型の高濃度不純物がMg、Zn等である請求項13～請求項15のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項17】 前記第一導電型がP型半導体、前記第二導電型がN型半導体であり、露出された第二導電型上部クラッド層の表面近傍に形成されたN型の高濃度不純物がSi、S、Se、Ge、Sn、Te等である請求項13～請求項15のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項18】 非導電型基板を成長室内に挿入し、該非導電型基板上にN型 $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{N}$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、

該N型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ バッファ層の上にN型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、

該N型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 下部クラッド層の上に $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y \leq 1$, 但し $x = 0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、

該 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 活性層の上にP型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 \leq z < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、

該P型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 上部クラッド層の上にP型を有する $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 < z \leq 1$) 再蒸発層を成長させる工程と、

該 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 再蒸発層の上にN型内部電流狭窄層 $\text{Al}_w\text{Ga}_{1-w}\text{N}$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、

前記の各層が形成された非導電型基板を成長室から取り出し、該N型内部電流狭窄層 $\text{Al}_w\text{Ga}_{1-w}\text{N}$ に開口を形成する工程と、

該非導電型基板を再度成長室内に挿入し、該 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 再蒸発層を蒸発させて該P型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 上部クラッド層の表面を露出させる工程と、

該P型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 上部クラッド層の表面近傍にP型不純物として金属を堆積し又はイオン注入することにより、該表面近傍にP型不純物を高濃度に含む領域を形成する工程と、

該N型内部電流狭窄層 $\text{Al}_w\text{Ga}_{1-w}\text{N}$ の上にP型不純物蒸発防止層 $\text{Al}_t\text{Ga}_{1-t}\text{N}$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、

該P型不純物蒸発防止層 $\text{Al}_t\text{Ga}_{1-t}\text{N}$ の上に再成長P型 $\text{Al}_{x'}\text{Ga}_{1-x'}\text{N}$ ($0 \leq x' < 1$) クラッド層及び再成長P型 $\text{Al}_{x''}\text{Ga}_{1-x''}\text{N}$ ($0 \leq x'' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該P型不純物蒸発防止層 $\text{Al}_t\text{Ga}_{1-t}\text{N}$ の成長工程を、再成長P型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ クラッド層の成長温度よりも低い温度で行う窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項19】 非導電型基板を成長室内に挿入し、該非導電型基板上にP型 $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{N}$ ($0 \leq u \leq 1$) バッ

ッファ層を成長させる工程と、

該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ バッファ層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、

該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$, 但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、

該 $In_yGa_{1-y}N$ 活性層の上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、

該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上にN型を有する $In_zGa_{1-z}N$ ($0 < z \leq 1$) 再蒸発層を成長させる工程と、

該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層の上にP型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、

前記の各層が形成された非導電型基板を成長室から取り出し、該P型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ に開口を形成する工程と、

該非導電型基板を再度成長室内に挿入し、該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層を蒸発させて該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面を露出させる工程と、

該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にN型不純物として金属を堆積し又はイオン注入することにより、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にN型不純物を高濃度に含む領域を形成する工程と、

該P型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の上にN型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、

該N型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) クラッド層及び再成長N型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該N型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ クラッド層の成長温度よりも低い温度で行う窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項20】 導電型基板を成長室内に挿入し、該導電型基板上にN型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、

該N型 $Al_uGa_{1-u}N$ バッファ層の上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、

該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$, 但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、

該 $In_yGa_{1-y}N$ 活性層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、

該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上にP型を有する $In_zGa_{1-z}N$ ($0 < z \leq 1$) 再蒸発層を成長させる工程と、

該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層の上にN型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、

前記の各層が形成された導電型基板を成長室から取り出し、該N型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ に開口を形成する工程と、

該導電型基板を再度成長室内に挿入し、該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層を蒸発させて該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面を露出させる工程と、

該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にP型不純物として金属を堆積し又はイオン注入することにより、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にP型不純物を高濃度に含む領域を形成する工程と、

該N型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の上にP型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、

該P型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) クラッド層及び再成長N型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該P型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) クラッド層の成長温度よりも低い温度で行う窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項21】 導電型基板を成長室内に挿入し、該導電型基板上にP型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、

該P型 $Al_uGa_{1-u}N$ バッファ層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、

該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$, 但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、

該 $In_yGa_{1-y}N$ 活性層の上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、

該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上にN型を有する $In_zGa_{1-z}N$ ($0 < z \leq 1$) 再蒸発層を成長させる工程と、

該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層の上にP型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、

前記の各層が形成された導電型基板を成長室から取り出し、該P型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ に開口を形成する工程と、

該導電型基板を再度成長室内に挿入し、該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層を蒸発させて該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にN型不純物として金属を堆積し又はイオン注入することにより、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にN型不純物を高濃度に含む領域を形成する工程と、

該P型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の上にP型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、

該P型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長N

型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$) クラッド層及び再成長
N型 $\text{Al}_{x'}\text{Ga}_{1-x'}\text{N}$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を
順次成長させる工程とを包含し、該P型不純物蒸発防止
層 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ の成長工程を、該再成長N型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ クラッド層の成長温度よりも低い温度で行う窒
化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項22】 請求項12～請求項14、請求項16
又は請求項17のいずれかに記載の高濃度不純物領域を
有し、かつ前記蒸発防止層の代わりに請求項1～請求項
6のいずれかに記載の表面保護層を有する窒化ガリウム
系化合物半導体発光素子。

【請求項23】 請求項12～請求項14、請求項16
又は請求項17のいずれかに記載の高濃度不純物領域及
び蒸発防止層を有し、かつ請求項1～請求項6のいづれ
かに記載の表面保護層を有する窒化ガリウム系化合物半
導体発光素子。

【請求項24】 請求項18～請求項21のいずれかに
記載の不純物を高濃度を含む領域を形成する工程と、
前記蒸発防止層を形成する工程の代わりに請求項7～請
求項11のいずれかに記載の表面保護層を形成する工程
とを包含する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製
造方法。

【請求項25】 請求項18～請求項21のいずれかに
記載の不純物を高濃度を含む領域を形成する工程及び蒸
発防止層を形成する工程を包含し、かつ請求項7～請求
項11のいずれかに記載の表面保護層を形成する工程を
包含する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方
法。

【請求項26】 請求項1～請求項6のいずれかに記載
の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、
前記内部電流狭窄層に代えて、前記クラッド層の上に電
流阻止層を形成した窒化ガリウム系化合物半導体発光素
子。

【請求項27】 請求項7～請求項11のいずれかに記
載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法に
おいて、
前記内部電流狭窄層に代えて前記クラッド層上に電流阻
止層を形成する工程と、
前記各層が形成された前記基板を成長室から取り出し、
該電流阻止層上の該クラッド層の表面を露出させる工程
とを包含する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製
造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、青色領域から紫外
光領域で発光可能な、発光ダイオードや半導体レーザ等
の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子及びその製造方
法に関する。

【0002】

【従来の技術】 図28は特開平8-97507号公報に

開示されている窒化ガリウム系化合物半導体レーザの断
面構造を示す。この窒化ガリウム系化合物半導体レーザ
は、有機金属化合物気相成長法(MOCVD法)によっ
て作製されたものであり、以下にその構造を作製方法と
共に説明する。

【0003】まず、MOCVD装置内にサファイヤ基板
101を挿入し、このサファイヤ基板101上にN型G
aNバッファ層102、N型AlGa N下部クラッド層
103、InGa N活性層104、P型AlGa N上部
クラッド層105及びN型AlGa N内部電流狭窄層1
07をこの順に成長させる。

【0004】次に、上記各層が形成されたサファイヤ基
板101、つまりウエハをMOCVD装置内から取り
出し、N型AlGa N内部電流狭窄層107をフォトリ
ソグラフィ工程によりエッチングしてストライプ溝(開
口)を形成し、電流狭窄層を形成する。

【0005】次に、前記ウエハを再度MOCVD装置
内に挿入し、再成長工程を行い、これによりN型AlG
aN内部電流狭窄層107の上にP型AlGa N上部ク
ラッド層108及びP型Ga Nコンタクト層109を順
次形成する。

【0006】そして、最終的に、P型用電極110及び
N型用電極111を形成し、これにより図28に示す構
造の窒化ガリウム系化合物半導体レーザが作製される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、この種の窒
化ガリウム系化合物半導体レーザにおいては、ウェット
エッチング及びドライエッチングを用いて、内部電流狭
窄層107に開口(ストライプ状の溝)を形成し、P型
AlGa N上部クラッド層105の表面を露出させ、そ
の後、再びMOCVD装置内にて再成長P型AlGa N
上部クラッド層108を露出したP型AlGa N上部ク
ラッド層105の表面及びN型AlGa N内部電流狭窄
層107の表面を覆うように再成長する場合において、
基板温度を約1050℃まで昇温して行う必要がある。

【0008】このため、この昇温中において、露出させ
たP型AlGa N上部クラッド層105表面の表面荒
れ、ストライプ幅及びN型AlGa N内部電流狭窄層1
07に形成された溝形状の変形が発生し、再成長界面の
高抵抗化による電気的特性の悪化及びストライプ幅、溝
形状の変形による光学的特性の悪化という問題が生じ、
半導体レーザ素子の素子特性が低下するという問題があ
った。

【0009】図29に基づき上記問題点を今少し具体的
に説明する。エッチング工程によって露出された下地A
lGa Nクラッド層105上への再成長工程が約105
0℃といった高温で行われるため、まず、同図に示すよ
うに、露出させたP型AlGa N上部クラッド層105
よりP型不純物の抜け(気相中への抜け)が発生し、
P型AlGa N上部クラッド層105表面に欠陥が発生

10

20

30

40

50

し、表面荒れが生じる。そして、この現象に伴い電流狭窄層107のストライプ溝の溝形状が変形する。更には、電流狭窄層107からN型不純物であるSiが気相中に抜け、その表面に表面荒れが発生する。この結果、その上に成長される再成長P型AlGaIn上部クラッド層108の結晶性が悪化し、その表面状態が悪化する。

【0010】ここで、界面より不純物の抜けが発生すると、界面が高抵抗化するため、電気的特性が劣化する。即ち、順方向電圧が高くなり、動作電圧が大きくなる、閾値電流が増大するという、という問題がある。このため、発光パターンの安定化が図れないという問題もある。

【0011】また、ストライプ幅、溝形状の変形により光学的特性が劣化し、再成長P型AlGaIn上部クラッド層108の結晶性が悪化し、その表面状態が悪化するため、半導体レーザの信頼性が低下するという問題がある。

【0012】このように、上記従来の窒化ガリウム系化合物半導体レーザにあっては、露出されたP型AlGaIn上部クラッド層105及び電流狭窄層107の上に直接高温で再成長P型AlGaIn上部クラッド層108を成長させていたため、いわば熱的なダメージによって、半導体レーザの電気的特性及び光学的特性が劣化し、その信頼性が低下するという問題があった。

【0013】一方、窒化ガリウム系化合物半導体をエッチングする際、現在のところ最適な湿式エッチング液は知られていない。このため、窒化ガリウム系化合物半導体成長層を除去する際において、必要な薄さの層を再現性よく残したり、必要な成長層の表面を露出させることは湿式エッチング液を用いて実現することは非常に困難である。

【0014】また、例えばストライプ状の溝等を形成するために、大気中に取り出しフォトリソグラフィ工程によりエッチングしてストライプ溝を形成し、電流狭窄層を形成する場合、露出された上部クラッド層105表面上にC、O等の不純物が表面に付着し、この表面上に再成長上部クラッド層108の成長を行うと再成長界面に界面順位が生じ、この部分において直列抵抗分が高くなり、順方向電圧が高くなるため、この点においても電気的特性が劣化するという問題もある。

【0015】なお、電流狭窄層の代わりに電流阻止層を備えた窒化ガリウム系化合物発光ダイオードにおいても、上記同様の問題点を有する。

【0016】本発明はこのような現状に鑑みてなされたものであり、電気的特性及び光学的特性を向上でき、更には品質の高い再成長界面を有し、信頼性及び素子特性を向上できる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明の窒化ガリウム系

化合物半導体発光素子は、基板上に窒化ガリウム系化合物半導体層を複数積層してなる積層構造体を形成した窒化ガリウム系化合物半導体発光素子であって、該積層構造体は、活性層と、該活性層を挟む基板側の下部クラッド層及び反基板側の上部クラッド層と、該上部クラッド層上に形成され、開口を有する内部電流狭窄層と、該内部電流狭窄層を覆う表面保護層と、該表面保護層の上に形成された再成長層とを有し、該表面保護層を該再成長層の再成長温度よりも低い成長温度で成長させてなり、そのことにより上記目的が達成される。

【0018】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、非導電型基板と、該非導電型基板の上に形成された第一導電型バッファ層と、該第一導電型バッファ層の上に形成された第一導電型下部クラッド層と、該第一導電型下部クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第二導電型上部クラッド層と、該第二導電型上部クラッド層の上に形成され、開口を有する第一導電型内部電流狭窄層と、該第一導電型内部電流狭窄層を覆う第二導電型表面保護層と、該第二導電型表面保護層の上に形成された再成長第二導電型クラッド層及び第二導電型コンタクト層とを有し、該第二導電型表面保護層を該再成長第二導電型クラッドの再成長温度よりも低い成長温度で成長させてなり、そのことにより上記目的が達成される。

【0019】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、第一導電型を有する基板と、該基板の上に形成された第一導電型バッファ層と、該第一導電型バッファ層の上に形成された第一導電型下部クラッド層と、該第一導電型下部クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第二導電型上部クラッド層と、該第二導電型上部クラッド層の上に形成され、開口を有する第一導電型内部電流狭窄層と、該第一導電型内部電流狭窄層を覆う第二導電型表面保護層と、該第二導電型表面保護層の上に形成された再成長第二導電型クラッド層及び第二導電型コンタクト層とを有し、該第二導電型表面保護層を該再成長第二導電型クラッドの再成長温度よりも低い成長温度で成長させてなり、そのことにより上記目的が達成される。

【0020】好ましくは、前記表面保護層の成長温度が材料ガスの分解効率が悪くならない温度以上、該内部電流狭窄層及び該第2クラッド層が蒸発しない温度以下、好ましくは400℃以上650℃以下である。

【0021】また、好ましくは、前記表面保護層が $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$)、前記内部電流狭窄層が $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$)、前記下部及び上部クラッド層が $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$)、前記活性層が $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$ 、但し $x = 0$ のとき $y \neq 0$)である。

【0022】また、好ましくは、前記表面保護層が $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 0.5$)、好ましくは $Al_tGa_{1-t}N$

$_{1-x}N$ ($0.05 < t < 0.2$) である。

【0023】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、非導電型基板を成長室内に挿入し、該非導電型基板上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ バッファ層の上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$ 、但し、 $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、該 $In_yGa_{1-y}N$ 活性層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上にN型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、前記の各層が形成された非導電型基板を成長室から取り出し、該N型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の一部を除去して開口を形成する工程と、該非導電型基板を再度成長室内に挿入し、該N型内部電流狭窄層の上にP型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、該P型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) クラッド層及び再成長P型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該P型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ クラッド層の再成長温度よりも低い成長温度で行うようにしており、そのことにより上記目的が達成される。

【0024】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、非導電型基板を成長室内に挿入し、該非導電型基板上にP型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、該P型 $Al_uGa_{1-u}N$ バッファ層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$ 、但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、該 $In_yGa_{1-y}N$ 活性層の上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上にP型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、前記の各層が形成された非導電型基板を成長室から取り出し、該P型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の一部を除去して開口を形成する工程と、該非導電型基板を再度成長室内に挿入し、該P型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の上にN型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、該N型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長N型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) クラッド層及び再成長N型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該N型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長N型 $Al_xGa_{1-x}N$ クラッド層の再成長温度よりも低い成長温度で行うようにしており、そのことにより

上記目的が達成される。

【0025】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、導電型基板を成長室内に挿入し、該導電型基板上にN型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、該N型 $Al_uGa_{1-u}N$ バッファ層の上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$ 、但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、該 $In_yGa_{1-y}N$ 活性層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上にN型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、前記の各層が形成された導電型基板を成長室から取り出し、該N型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の一部を除去して開口を形成する工程と、該導電型基板を再度成長室内に挿入し、該N型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の上にP型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、該P型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) クラッド層及び再成長P型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該P型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ クラッド層の再成長温度よりも低い成長温度で行うようにしており、そのことにより上記目的が達成される。

【0026】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、導電型基板を成長室内に挿入し、該導電型基板部上にP型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、該P型 $Al_uGa_{1-u}N$ バッファ層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$ 、但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、該 $In_yGa_{1-y}N$ 活性層の上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上にP型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、前記の各層が形成された導電型基板を成長室から取り出し、該P型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の一部を除去して開口を形成する工程と、該導電型基板を成長室内に再度挿入し、該P型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の上にN型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、該N型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長N型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) クラッド層及び再成長N型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、N型表面保護層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長N型 $Al_xGa_{1-x}N$ クラッド層の再成長温度よりも低い成長温度で行うようにしており、そのことにより上記目

的が達成される。

【0027】好ましくは、前記P型表面保護層 $Al_xGa_{1-x}N$ 又は前記N型表面保護層 $Al_xGa_{1-x}N$ の成長温度が、材料ガスの分解効率が悪くならない温度以上、前記内部電流狭窄層及び前記上部クラッド層が蒸発しない温度以下、好ましくは400℃以上650℃以下である。

【0028】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、基板上に窒化ガリウム系化合物半導体層を複数積層してなる積層構造体を形成した窒化ガリウム系化合物半導体発光素子であって、該積層構造体は、活性層と、該活性層を挟む基板側の下部クラッド層及び反基板側の上部クラッド層と、該上部クラッド層上に形成され、開口を有する内部電流狭窄層と、該開口によって露出する該上部クラッド層の表面近傍に形成された高濃度不純物領域と、該内部電流狭窄層を覆う蒸発防止層と、該蒸発防止層の上に形成された再成長層とを有し、該蒸発防止層を該再成長層の再成長温度よりも低い成長温度で成長させてなり、そのことにより上記目的が達成される。

【0029】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、非導電型基板と、該非導電型基板上に形成された第一導電型バッファ層と、該第一導電型バッファ層の上に形成された第一導電型下部クラッド層と、該第一導電型下部クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第二導電型上部クラッド層と、該第二導電型上部クラッド層の上に形成され、一部が除去された第二導電型の再蒸発層及び該再蒸発層の除去された部分に対応する幅の開口を有する第一導電型内部電流狭窄層と、該再蒸発層の一部除去及び該開口によって露出する該第二導電型上部クラッド層の表面近傍に第二導電型不純物としての金属が堆積又はイオン注入されてなる高濃度不純物領域と、該第一導電型内部電流狭窄層を覆うように形成され、該第二導電型不純物の蒸発を防止する蒸発防止層と、該蒸発防止層の上に形成された再成長第二導電型クラッド層及び第二導電型コンタクト層とを有し、該蒸発防止層を該再成長第二導電型クラッド層の再成長温度よりも低い成長温度で成長させてなり、そのことにより上記目的が達成される。

【0030】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、第一導電型を有する基板と、該基板上に形成された第一導電型バッファ層と、該第一導電型バッファ層の上に形成された第一導電型下部クラッド層と、該第一導電型下部クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第二導電型上部クラッド層と、該第二導電型上部クラッド層の上に形成され、一部が除去された第二導電型の再蒸発層及び該再蒸発層の除去された部分に対応する幅の開口を有する第一導電型内部電流狭窄層と、該再蒸発層の一部除去及び該開口によって露出する該第二導電型上部クラッド層の表面近

傍に第二導電型不純物としての金属が堆積又はイオン注入されてなる高濃度不純物領域と、該第一導電型内部電流狭窄層を覆うように形成され、該第二導電型不純物の蒸発を防止する蒸発防止層と、該蒸発防止層の上に形成された再成長第二導電型クラッド層及び第二導電型コンタクト層とを有し、該蒸発防止層を該再成長第二導電型クラッド層の再成長温度よりも低い成長温度で成長させてなり、そのことにより上記目的が達成される。

【0031】好ましくは、前記蒸発防止層が $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 < x < 1$)、前記再蒸発層が $In_zGa_{1-z}N$ ($0 < z \leq 1$)、前記内部電流狭窄層が $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$)、前記下部及び上部クラッド層が $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$)、前記活性層が $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$ 、但し $x=0$ のとき $y \neq 0$)である。

【0032】また、好ましくは、前記第一導電型がN型半導体、前記第二導電型がP型半導体であり、露出された第二導電型上部クラッド層の表面近傍に形成されたP型の高濃度不純物がMg、Zn等である。

【0033】また、好ましくは、前記第一導電型がP型半導体、前記第二導電型がN型半導体であり、露出された第二導電型上部クラッド層の表面近傍に形成されたN型の高濃度不純物がSi、S、Se、Ge、Sn、Te等である。

【0034】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、非導電型基板を成長室内に挿入し、該非導電型基板上にN型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ バッファ層の上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$ 、但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、該 $In_yGa_{1-y}N$ 活性層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上にP型を有する $In_zGa_{1-z}N$ ($0 < z \leq 1$) 再蒸発層を成長させる工程と、該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層の上にN型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、前記の各層が形成された非導電型基板を成長室から取り出し、該N型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ に開口を形成する工程と、該非導電型基板を再度成長室内に挿入し、該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層を蒸発させて該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面を露出させる工程と、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にP型不純物として金属を堆積し又はイオン注入することにより、該表面近傍にP型不純物を高濃度を含む領域を形成する工程と、該N型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の上にP型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、該P型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) クラッド層及び再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ (0

$\leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該P型不純物蒸発防止層 $Al_xGa_{1-x}N$ の成長工程を、再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ クラッド層の成長温度よりも低い温度で行うようにしており、そのことにより上記目的が達成される。

【0035】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、非導電型基板を成長室内に挿入し、該非導電型基板上にP型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ バッファ層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$, 但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、該 $In_yGa_{1-y}N$ 活性層の上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上にN型を有する $In_zGa_{1-z}N$ ($0 < z \leq 1$) 再蒸発層を成長させる工程と、該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層の上にP型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、前記の各層が形成された非導電型基板を成長室から取り出し、該P型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ に開口を形成する工程と、該非導電型基板を再度成長室内に挿入し、該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層を蒸発させて該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面を露出させる工程と、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にN型不純物として金属を堆積し又はイオン注入することにより、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にN型不純物を高濃度に含む領域を形成する工程と、該P型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の上にN型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、該N型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) クラッド層及び再成長N型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該N型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ クラッド層の成長温度よりも低い温度で行うようにしており、そのことにより上記目的が達成される。

【0036】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、導電型基板を成長室内に挿入し、該導電型基板上にN型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ バッファ層の上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$, 但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、該 $In_yGa_{1-y}N$ 活性層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上にP型を有する $In_zGa_{1-z}N$ ($0 < z \leq 1$) 再蒸発層を成長さ

せる工程と、該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層の上にN型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、前記の各層が形成された導電型基板を成長室から取り出し、該N型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ に開口を形成する工程と、該導電型基板を再度成長室内に挿入し、該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層を蒸発させて該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面を露出させる工程と、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にP型不純物として金属を堆積し又はイオン注入することにより、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にP型不純物を高濃度に含む領域を形成する工程と、該N型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の上にP型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、該P型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) クラッド層及び再成長N型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該P型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長P型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) クラッド層の成長温度よりも低い温度で行うようにしており、そのことにより上記目的が達成される。

【0037】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、導電型基板を成長室内に挿入し、該導電型基板上にP型 $Al_uGa_{1-u}N$ ($0 \leq u \leq 1$) バッファ層を成長させる工程と、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ バッファ層の上にP型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 下部クラッド層を成長させる工程と、該P型 $Al_xGa_{1-x}N$ 下部クラッド層の上に $In_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$, 但し $x=0$ のとき $y \neq 0$) 活性層を成長させる工程と、該 $In_yGa_{1-y}N$ 活性層の上にN型 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$) 上部クラッド層を成長させる工程と、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の上にN型を有する $In_zGa_{1-z}N$ ($0 < z \leq 1$) 再蒸発層を成長させる工程と、該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層の上にP型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ ($0 \leq w \leq 1$) を成長させる工程と、前記の各層が形成された導電型基板を成長室から取り出し、該P型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ に開口を形成する工程と、該導電型基板を再度成長室内に挿入し、該 $In_zGa_{1-z}N$ 再蒸発層を蒸発させて該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にN型不純物として金属を堆積し又はイオン注入することにより、該N型 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層の表面近傍にN型不純物を高濃度に含む領域を形成する工程と、該P型内部電流狭窄層 $Al_wGa_{1-w}N$ の上にP型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ ($0 < t < 1$) を成長させる工程と、該P型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ の上に再成長N型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$ ($0 \leq x' < 1$) コンタクト層を順次成長させる工程とを包含し、該P型不純物蒸発防止層 $Al_tGa_{1-t}N$ の成長工程を、該再成長N型 $Al_{x'}Ga_{1-x'}N$

クラッド層の成長温度よりも低い温度で行うようにしており、そのことにより上記目的が達成される。

【0038】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、請求項12～請求項14、請求項16又は請求項17のいずれかに記載の高濃度不純物領域を有し、かつ前記蒸発防止層の代わりに請求項1～請求項6のいずれかに記載の表面保護層を有してなり、そのことにより上記目的が達成される。

【0039】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、請求項12～請求項14、請求項16又は請求項17のいずれかに記載の高濃度不純物領域及び蒸発防止層を有し、かつ請求項1～請求項6のいずれかに記載の表面保護層を有してなり、そのことにより上記目的が達成される。

【0040】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、請求項18～請求項21のいずれかに記載の不純物を高濃度を含む領域を形成する工程と、前記蒸発防止層を形成する工程の代わりに請求項7～請求項11のいずれかに記載の表面保護層を形成する工程とを包含しており、そのことにより上記目的が達成される。

【0041】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、請求項18～請求項21のいずれかに記載の不純物を高濃度を含む領域を形成する工程及び蒸発防止層を形成する工程を包含し、かつ請求項7～請求項11のいずれかに記載の表面保護層を形成する工程を包含しており、そのことにより上記目的が達成される。

【0042】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、請求項1～請求項6のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、前記内部電流狭窄層に代えて、前記クラッド層の上に電流阻止層を形成してなり、そのことにより上記目的が達成される。

【0043】また、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法は、請求項7～請求項11のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法において、前記内部電流狭窄層に代えて前記クラッド層上に電流阻止層を形成する工程と、前記各層が形成された前記基板を成長室から取り出し、該電流阻止層上の該クラッド層の表面を露出させる工程とを包含しており、そのことにより上記目的が達成される。

【0044】以下に、本発明の作用を説明する。

【0045】材料ガスの分解効率が悪くならない温度以上、内部電流狭窄層及び下地クラッド層が蒸発しない温度以下で形成された表面保護層を有する構成によれば、下地クラッド層から不純物が抜けるのを防止できるので、界面が高抵抗化することがない。この結果、順方向電圧を低減できるので、電気的特性を向上できる。

【0046】加えて、下地クラッド層表面等の表面荒れ

を防止でき、その保護を図ることができるので、再成長クラッド層の結晶性が良好なものとなり、表面状態を良好にできる。

【0047】また、ストライプ溝の溝形状、溝幅が変形することがないので、光学的特性を向上できる。

【0048】以上の理由により、上記構成の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子によれば、動作電圧の低減、発光パターンの安定化、閾値電流の低減、といった電気的特性及び光学的特性を向上でき、信頼性を向上できる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を実現することが可能になる。

【0049】加えて、下地クラッド層が表面保護層によって熱的に保護され、その組成比を安定化できるので、この点においても信頼性を向上できる。

【0050】ここで、表面保護層は、材料ガスの分解効率が悪くならない温度以上、内部電流狭窄層及びクラッド層が蒸発しない温度以下で成長すればよいが、具体的なその温度は400℃以上800℃以下であるが、製作性を考慮すれば、400℃以上650℃以下が好ましい。

【0051】なお、上記構成において、 $Al_xGa_{1-x}N$ 上部クラッド層及び $Al_yGa_{1-y}N$ 再成長クラッド層をN型とすると、Al組成比、つまりyの値をP型よりも大きくできるので（但し、 $Al_xGa_{1-x}N$ クラッド層との関係において、 $x \neq y$ の条件を満足する必要がある）、光閉じ込め性をより向上できる利点がある。

【0052】ここで、上記の手法は、電流狭窄層の代わりに下地クラッド層の上に電流阻止層を形成した構造の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子にも同様に適用できる。

【0053】また、下地クラッド層の表面近傍に高濃度不純物領域を形成し、内部電流狭窄層を覆うように蒸発防止層を形成する構成によれば、高濃度不純物領域から不純物が気相中に抜けるのを防止できるので、再成長界面での直列抵抗分を低くできる。この結果、ストライプ状の溝等を形成するために、大気中にウェハーを取り出して、フォトリソグラフィ工程によりエッチングしてストライプ溝を形成し、電流狭窄層を形成する場合であっても、再成長界面に界面順位が生じ、再成長界面での直列抵抗分が大きくなることはない。

【0054】このため、順方向電圧が低く電気的特性が良好な、かつ再成長界面が良好な信頼性の高い窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を実現できる。

【0055】ここで、蒸発防止層の代わりに上記の表面保護層を用いることもできる。更には、両者を併用する構成をとることも可能である。

【0056】なお、上記の構成において、低温基板温度（成長温度よりも低温を意味する）にて積層した表面保護層及び蒸発防止層は、共に多結晶であるが、上部クラッド層の表面上に再成長するために基板温度の昇温中に

多結晶から単結晶になるので、特に素子特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0057】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を図面にに基づき具体的に説明する。なお、本明細書において、窒化ガリウム系半導体とは、例えば、 $\text{Ga}_c\text{Al}_d\text{In}_{1-c-d}\text{N}$ ($0 < c \leq 1$, $0 \leq d < 1$, $0 < c + d \leq 1$) も含むものとする。

【0058】（実施形態1）図1は本発明窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の実施形態1を示し、本実施形態1では、本発明を窒化ガリウム系半導体レーザに適用している。

【0059】この窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、MOCVD法によって作製されたものであり、MOCVD装置内に挿入される基板としては、低抵抗のSiC基板を用いた。また、V族原料として、アンモニア NH_3 、III族原料としてトリメチルガリウム（TMG）、トリメチルアルミニウム（TMA1）、トリメチルインジウム（TMI_n）を用いた。更に、P型不純物としてビスシクロペンタデイエニルマグネシウム（ Cp_2Mg ）、N型不純物としてモノシラン（ SiH_4 ）を用い、キャリアガスとして H_2 及び N_2 を用いた。

【0060】この窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、図1に示すように、低抵抗N型SiC基板1上に、N型Ga_nNバッファ層2、N型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層（下部クラッド層）3、ノンドープ $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 活性層4、Mgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層（上部クラッド層）5、N型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 内部電流狭窄層7、Mgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層8及びMgドープGa_nNコンタクト層9をこの順に形成し、低抵抗N型SiC基板1の底面にN型用電極11を、MgドープGa_nNコンタクト層9の上面にP型用電極10を形成した構造になっている。なお、N型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 内部電流狭窄層7及び露出したMgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層8の表面を覆うように表面保護層7'が形成されている。

【0061】以下にその製造工程を図2（a）～（d）及び図3（a）～（c）に基づき説明する。まず、1回目の結晶成長を行うため、低抵抗N型SiC基板1をMOCVD装置のサセプタ上にセットし、基板温度を1200℃程度まで昇温し、表面処理を施す。次に、低抵抗N型SiC基板1の基板温度を1050℃程度まで降温し、低抵抗N型SiC基板1にN型Ga_nNバッファ層2を0.05～1μm程度成長させる。

【0062】次に、N型Ga_nNバッファ層2の上にN型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層3を0.7～1μm程度成長させる。そして、基板温度を800～850℃程度に降温し、N型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層3の上にノンドープ $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 活性層4を3～80nm成長させる。

【0063】次に、基板温度を1050℃程度まで昇温し、ノンドープ $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 活性層4の上にMgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層5を0.1～0.3μm程度成長させる。次に、Mgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層5の上にN型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 内部電流狭窄層7を0.5μm成長させる（図2（a）参照）。

【0064】次に、上記各層が形成された低抵抗N型SiC基板1、つまりウエハーを成長室から取り出し、大気中でN型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 内部電流狭窄層7の表面上に SiO_2 、 SiN_x 又はレジストマスク12を形成し、通常のフォトリソグラフィ技術を用いてN型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 内部電流狭窄層7の上の SiO_2 、 SiN_x 又はレジストマスク12の一部をストライプ状に除去し開口13を形成する（図2（b）参照）。

【0065】次に、このウエハーをウェットエッチング又はドライエッチング、例えば反応性イオンエッチングであるRIE法又はサイクロトロン共鳴を利用した反応性ビームエッチングであるECR-RIE法を用いて、N型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 内部電流狭窄層7をMgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層5の表面が露出するまでエッチング14する（図2（c）参照）。

【0066】続いて、フッ酸系エッチング液又は有機溶剤にてレジストマスク12を除去する（図2（d）参照）。

【0067】次に、ウエハーを再度MOCVD装置のサセプタ上にセットする。ここで、本発明では、上記の従来例とは異なり、基板温度を約1050℃まで昇温して再成長クラッド層、即ちMgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層8を成長させるのではなく、その前に、基板温度400～650℃にてAlを含む厚さ10～20nmのMgドープ $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 表面保護層7'を露出したクラッド層表面及び内部電流狭窄層表面を覆うように成長させている（図3（a）参照）。

【0068】ここで、低温基板温度（400～650℃）にて成長させた表面保護層7'は多結晶であるが、この表面上に再成長するための基板温度の昇温中に表面保護層は多結晶から単結晶になり、特に素子特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0069】なお、表面保護層7'の成長温度は、材料ガスの分解効率が悪くならない温度以上、前記N型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 内部電流狭窄層7及び前記Mgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層5が蒸発しない温度以下であればよく、この温度は具体的には、400℃以上800℃以下である。但し、実施する上ではある程度の余裕が必要なので、400℃以上650℃以下とすると、実施する上で好ましいものになる。

【0070】次に、基板温度を1050℃程度まで昇温し、Mgドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層8を0.7～1μm程度及びMgドープGa_nNコンタクト層9を0.5～1μm程度成長させる（図3（b）参照）。

【0071】次に、ウェハをMOCVD装置から取り出し、 N_2 雰囲気下、 800°C にて熱アニーリングを行いMgドープ層をP型に変化させる。そして、P型Ga_{0.9}Nコンタクト層9の上にP型用電極10、低抵抗n型SiC基板1にN型用電極11を形成する(図3(c)参照)。

【0072】以上の工程によって、図1に示す構造の窒化ガリウム系化合物半導体レーザが作製される。

【0073】ここで、本実施形態1の窒化ガリウム系化合物半導体レーザでは、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N表面保護層7'を露出したクラッド層表面及び内部電流狭窄層表面を覆うように形成してあるので、上記作用のところで説明したように、基板温度昇温中に、露出させたクラッド層表面上の表面荒れ、ストライプ幅及び内部電流狭窄層に形成された溝形状の変形が発生するのを防止できる。

【0074】よって、本実施形態1によれば、電気的特性及び光学的特性が優れ、信頼性の高い窒化ガリウム系化合物半導体レーザを実現することができる。

【0075】なお、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N表面保護層7'の層厚は、10nm~1μm、好ましくは10nm~60nmの範囲とする。その理由は、層厚が10nm未満だとこの層が基板の昇温中に蒸発してしまい保護層として機能しなくなるからである。また、層厚が1μmを超えると、結晶性が悪くなり、表面状態も悪くなり、その上に形成される層に悪影響を及ぼすからである。

【0076】また、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N表面保護層7'の組成比、Al_xGa_{1-x}Nは、 $0 < x < 0.5$ 、好ましくは $0.05 < x < 0.2$ 程度とする。その理由は、 $x = 0$ 、つまりGa_{0.9}Nだと蒸発してしまい保護膜として機能しなくなるからである。また、0.5以上だと不純物をドーピングしても高抵抗となり、また結晶性が悪くなるからである。

【0077】また、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N表面保護層7'の組成比と、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}Nクラッド層5の組成比の関係について考察すると、Al_{0.9}Ga_{0.1}Nクラッド層5をGa_{0.9}Nクラッド層5とすると、その光閉じ込め性が弱くなるが、この場合にAl_{0.9}Ga_{0.1}N表面保護層7'のxを大きくすれば、光閉じ込めを十分に行うことができる。従って、これらの層の組成比については両者の組成比の関係を考慮して適宜定める必要がある。

【0078】(実施形態2)図4は本発明窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の実施形態2を示す。本実施形態2の窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、基板としてサファイヤ基板を用いている。V族原料、III族原料、P型不純物、N型不純物及びキャリアガスについては上記実施形態1と同様である。なお、上記実施形態1と対応する部材については、材質、組成比が異なるもの

であっても、同一の符号を付してあり、この点に関しては以下の実施形態3以降についても同様とする。

【0079】この窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、サファイヤ基板1の表面にGa_{0.9}N又はAl_{0.9}N又はAl_{0.9}Ga_{0.1}Nバッファ層2'を形成した点と、N型用電極11をN型Ga_{0.9}Nバッファ層2の上に形成した点が、主として実施形態1の窒化ガリウム系化合物半導体レーザと異なっている。

【0080】以下にその製造工程を図5(a)~(c)及び図6(a)~(d)に基づいて説明する。

【0081】まず、1回目の結晶成長を行うため、サファイヤ基板1をMOCVD装置のサセプタ上にセットし、基板温度 1200°C 程度まで昇温し、表面処理を施す。次に、サファイヤ基板1の基板温度を 500°C ~ 650°C 程度まで降温し、サファイヤ基板1の表面にGa_{0.9}N、Al_{0.9}N又はAl_{0.9}Ga_{0.1}Nバッファ層2'を50nm~2μm程度成長し、次に、基板温度を 1050°C 程度まで昇温し、N型Ga_{0.9}Nバッファ層2を0.5~1μm程度成長させる。

【0082】次に、N型Ga_{0.9}Nバッファ層2の上にN型Al_{0.9}Ga_{0.1}Nクラッド層3を0.7~1μm程度成長し、基板温度を 800°C ~ 850°C 程度に降温し、ノンドープIn_{0.9}Ga_{0.1}N活性層4を3~80nm成長させる。

【0083】次に、基板温度を 1050°C 程度まで昇温し、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}Nクラッド層5を0.1~0.3μm程度成長し、基板温度を 1050°C 程度まで昇温し、N型Al_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7を0.5μm成長する(図5(a)参照)。

【0084】次に、ウェハを成長室から取り出し、N型Al_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7の上にSiO₂、SiN_x又はレジストマスク12を形成し、通常のフォトリソグラフィ技術を用いてN型Al_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7の上のSiO₂、SiN_x又はレジストマスク12の一部をストライプ状に除去して開口13を形成する(図5(b)参照)。

【0085】次に、このウェハをウエットエッチング又ドライエッチング、例えば上記のRIE又はECR-RIEを用いて、N型Al_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7をMgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}Nクラッド層5の表面が露出するまでエッチング14する(図5(c)参照)。

【0086】続いて、フッ酸系エッチング液又は有機溶剤にてレジストマスク12を除去する。

【0087】次に、ウェハを再度MOCVD装置のサセプタ上にセットする。そして、再成長を行うために基板温度を約 1050°C まで昇温する前に、上記実施形態1同様に、基板温度 400°C ~ 650°C にてAlを含むMgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N表面保護層7'を10~20nm成長させ、露出したMgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}Nクラッド層

5の表面及びN型 $Al_{0.05}Ga_{0.95}$ N内部電流狭窄層7を覆うように積層する(図6(a)参照)。

【0088】ここで、低温基板温度にて積層した表面保護層7'は多結晶であるが、この表面上に再成長するために基板温度の昇温中に表面保護層7'は多結晶から単結晶になり、特に素子特性に悪影響をおよぼすことはない。

【0089】次に、基板温度を1050°C程度まで昇温し、Mgドープ $Al_{0.1}Ga_{0.9}$ Nクラッド層8を0.7~1 μm 程度及びMgドープGa_{0.5}Nコンタクト層9を0.5~1 μm 程度成長させる(図6(b)参照)。

【0090】次に、ウェハをMOCVD装置から取り出し、 N_2 雰囲気下、800°Cにて熱アニーリングを行い、Mgドープ層をP型に変化させる。次に、N型用電極11付けを行うためにN型Ga_{0.5}Nバッファ層2の表面が露出するまでエッチング16(図6(c)参照)。

【0091】次に、P型Ga_{0.5}Nコンタクト層9の上にP型用電極10、N型Ga_{0.5}Nバッファ層2にN型用電極11を形成する(図6(d)参照)。

【0092】以上の工程によって、図4に示す構造の窒化ガリウム系化合物半導体レーザが作製される。

【0093】本実施形態2においても、Mgドープ $Al_{0.1}Ga_{0.9}$ Nクラッド層5の表面及びN型 $Al_{0.05}Ga_{0.95}$ N内部電流狭窄層7を覆う表面保護層7'が形成されているので、上記実施形態1同様の効果を奏することができる。

【0094】(実施形態3)図7は本発明窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の実施形態3を示す。本実施形態3の窒化ガリウム系化合物半導体レーザも、MOCVD法によって作製される。ここで、本実施形態3では、基板として低抵抗SiC基板を用い、V族原料、III族原料、P型不純物、N型不純物及びキャリアガスは上記実施形態1及び実施形態2と同様のものを用いた。

【0095】本実施形態3の窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、材質が異なるものの上記実施形態1と同様の断面構造になっている。

【0096】以下に図8(a)~(d)及び図9(a)~(c)に基づきその製造工程を説明する。

【0097】まず、1回目の結晶成長を行うため、低抵抗P型SiC基板1をMOCVD装置のサセプタ上にセットし、基板温度1200°C程度まで昇温し、表面処理を施す。次に、低抵抗P型SiC基板1の基板温度を1050°C程度まで降温し、低抵抗P型SiC基板1上にMgドープGa_{0.5}Nバッファ層2を0.5~1 μm 程度成長させる。

【0098】次に、MgドープGa_{0.5}Nバッファ層2の上にMgドープ $Al_{0.1}Ga_{0.9}$ Nクラッド層3を0.7~1 μm 程度成長させ、基板温度を800~850°C程度に降温し、ノンドープ $In_{0.15}Ga_{0.85}$ N活性層4を3~80 nm成長させる。次に、基板温度を1050°C程度まで昇温

し、N型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}$ Nクラッド層5を0.1~0.3 μm 程度成長させ、Mgドープ $Al_{0.05}Ga_{0.95}$ N内部電流狭窄層7を0.5 μm 成長させる。ここで、内部電流狭窄層7は電流が流れない高抵抗層も含む(図8(a)参照)。

【0099】次に、ウェハを成長室から取り出し、Mgドープ $Al_{0.05}Ga_{0.95}$ N内部電流狭窄層7の上にSiO₂、SiN_x又はレジストマスク12を形成し、通常のフォトリソグラフィ技術を用いて、Mgドープ $Al_{0.05}Ga_{0.95}$ N内部電流狭窄層7の上のSiO₂、SiN_x又はレジストマスク12の一部をストライプ状に除去して開口13を形成する(図8(b)参照)。

【0100】そして、大気中で、このウェハをウェットエッチング又はドライエッチング法、例えば上述のRIE又はECR-RIEを用いて、Mgドープ $Al_{0.05}Ga_{0.95}$ N内部電流狭窄層7をN型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}$ Nクラッド層5の表面が露出するまでエッチング14する(図8(c)参照)。

【0101】次に、フッ酸系エッチング液又は有機溶剤にてレジストマスク12を除去する(図8(d)参照)。

【0102】次に、ウェハを再度MOCVD装置のサセプタ上にセットする。そして、上記各実施形態同様に、基板温度400~650°CにてAlを含むN型 $Al_{0.05}Ga_{0.95}$ N表面保護層7'を10~20 nm成長させ、露出したN型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}$ Nクラッド層5の表面及びMgドープ $Al_{0.05}Ga_{0.95}$ N内部電流狭窄層7の表面を覆うように積層する(図9(a)参照)。

【0103】ここで、低温基板温度にて積層した表面保護層7'は多結晶であるが、この表面上に再成長するために基板温度の昇温中に表面保護層7'は多結晶から単結晶になり、特に素子特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0104】次に、基板温度を1050°C程度まで昇温し、N型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}$ Nクラッド層8を0.7~1 μm 程度及びN型Ga_{0.5}Nコンタクト層9を0.5~1 μm 程度成長させる(図9(b)参照)。

【0105】次に、ウェハをMOCVD装置から取り出し、 N_2 雰囲気下、800°Cにて熱アニーリングを行いMgドープ層をP型に変化させる。そして、N型Ga_{0.5}Nコンタクト層9の上にN型用電極11、低抵抗P型SiC基板1にP型用電極10を形成する(図9(c)参照)。

【0106】以上の工程によって、図7に示す構造の窒化ガリウム系化合物半導体レーザが作製される。

【0107】本実施形態3においても、N型 $Al_{0.1}Ga_{0.9}$ Nクラッド層5の表面及びMgドープ $Al_{0.05}Ga_{0.95}$ N内部電流狭窄層7の表面を覆う表面保護層7'が形成されているので、上記実施形態1同様の効果を奏することができる。

【0108】加えて、本実施形態3では、上部クラッド層5及び再成長クラッド層8が共にN型であるので、上記作用のところで述べた理由により、光閉じ込め性を実施形態1、2のP型のものよりも向上できる利点がある。

【0109】（実施形態4）図10は、本発明窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の実施形態4を示す。本実施形態4の窒化ガリウム系化合物半導体レーザもMOCVD法によって作製される。本実施形態4では、基板としてサファイヤ基板を用い、V族原料、III族原料、P型不純物、N型不純物及びキャリアガスについては上記各実施形態と同様である。

【0110】以下に、図11(a)～(c)及び図12(a)～(d)に基づきその製造工程について説明する。

【0111】まず、1回目の結晶成長を行うため、サファイヤ基板1をMOCVD装置のサセブタ上にセットし、基板温度1200℃程度まで昇温し、表面処理を施す。次に、サファイヤ基板1の基板温度を500℃～650℃程度まで降温し、サファイヤ基板1上にGaN、AlN又はAl_{0.1}Ga_{0.9}Nバッファ層2'を50nm～2μm程度成長させる。

【0112】次に、基板温度を1050℃程度まで昇温し、MgドープGaNバッファ層2を0.5～1μm程度成長させる。次に、MgドープGaNバッファ層2の上にMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層3を0.7～1μm程度成長させる。そして、基板温度を800～850℃程度に降温し、ノンドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N活性層4を3～80nm成長させる。

【0113】次に、基板温度を1050℃程度まで昇温し、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5を0.1～0.3μm程度成長させ、更にMgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7を0.5μm成長させる。ここで、内部電流狭窄層7は電流が流れない高抵抗層でもよい（図11(a)参照）。

【0114】次に、ウェハーを成長室から取り出し、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7の上のSiO₂、SiN_x又はレジストマスク12を形成し、通常のフォトリソグラフィ技術を用いてMgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7の上のSiO₂、SiN_x又はレジストマスク12の一部をストライプ状に除去して開口13を形成する（図11(b)参照）。

【0115】次に、このウェハーをウェットエッチング又はドライエッチング、例えば上述のRIE又はECR-RIEにおいて、BCl₃/Ar又はCCl₄/F₂/Ar等のガスを用いて、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7の表面が露出するまでエッチング14する（図11(c)参照）。

【0116】次に、フッ酸系エッチング液又は有機溶剤にてレジストマスク12を除去する。そして、ウェハー

を再度MOCVD装置のサセブタ上にセットする。次に、上記各実施形態同様に、基板温度400～650℃にてAlを含むN型Al_{0.05}Ga_{0.95}N表面保護層7'を10～20nm成長させ、露出したN型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5の表面及びMgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7の表面を覆うように積層する（図12(a)参照）。

【0117】ここで、低温基板温度にて積層した表面保護層7'は多結晶であるが、この表面上に再成長するために基板温度の昇温中に表面保護層7'は多結晶から単結晶になり、特に素子特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0118】次に、基板温度を1050℃程度まで昇温し、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層8を0.7～1μm程度及びN型GaNコンタクト層9を0.5～1μm程度成長させる（図12(b)参照）。

【0119】次に、ウェハーをMOCVD装置から取り出し、N₂雰囲気下、800℃にて熱アニーリングを行い、Mgドープ層をP型に変化させる。次に、P型用電極づけを行うためにP型GaN層2の表面が露出するまでエッチング16する（図12(c)参照）。

【0120】そして、N型GaNコンタクト層9の上にN型用電極11、P型GaN層2の上にP型用電極10を形成する（図12(d)参照）。

【0121】以上の工程によって、図10に示す構造の窒化ガリウム系化合物半導体レーザが作製される。

【0122】本実施形態4においても、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5の表面及びMgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7の表面を覆う表面保護層7'が形成されているので、上記実施形態1同様の効果を奏することができる。

【0123】（実施形態5）図13は本発明窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の実施形態5を示す。本実施形態5の窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、上記実施形態1～実施形態4のものとは異なり、表面保護層7'を有しておらず、上部クラッド層5の表面に再蒸発層6を形成し、かつエッチング工程で露出された上部クラッド層5の表面近傍に高濃度不純物領域20を形成し、かつこの高濃度不純物領域20を覆うように内部電流狭窄層7の上に不純物蒸発防止層21を形成した構造になっている。

【0124】本実施形態5の窒化ガリウム系化合物半導体レーザも、MOCVD法によって作製される。本実施形態5では、基板として低抵抗型SiC基板を用い、V族原料、III族原料、P型不純物、N型不純物及びキャリアガスについては上記各実施形態と同様である。

【0125】以下に本実施形態5の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程を、図14(a)～(e)及び図15(a)～(d)に基づき説明する。

【0126】まず、1回目の結晶成長を行うため、低抵

10

20

30

40

50

抗N型SiC基板1をMOCVD装置のサセブタ上にセットし、基板温度1200°C程度まで昇温し、表面処理を施す。次に、低抵抗N型SiC基板1の基板温度を1050°C程度まで降温し、低抵抗N型SiC基板1上にN型GaNバッファ層2を0.05~1μm程度成長させる。

【0127】次に、N型GaNバッファ層2の上にN型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層3を0.7~1μm程度成長させる。続いて、基板温度を800~850°C程度に降温し、ノンドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N活性層4を3~80nm成長させる。次に、基板温度を1050°C程度まで昇温し、MgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5を0.1~0.3μm程度成長させ、更に基板温度を400~850°C程度に降温し、MgドープInN再蒸発層6を3nm成長させる。そして、基板温度を400°C~1050°C程度まで昇温しながら、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}N内部電流狭窄層7を0.5μm成長させる(図14(a)参照)。

【0128】次に、ウェハーを成長室から取り出し、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}N内部電流狭窄層7の表面上にSiO₂、SiN_x又はレジストマスク12を形成し、通常のフォトリソグラフィ技術を用いてN型Al_{0.1}Ga_{0.9}N内部電流狭窄層7の上のSiO₂、SiN_x又はレジストマスク12の一部をストライプ状に除去して開口13を形成する(図14(b)参照)。

【0129】次に、このウェハーを大気中でウェットエッチング又はドライエッチング、例えば上述のRIE又はECR-RIEにおいて、BCl₃/Ar又はCCl₄/F₂/Ar等のガスを用いて、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}N内部電流狭窄層7をMgドープInN再蒸発層6の表面が露出するまでエッチング14する(図14(c)参照)。

【0130】次に、フッ酸系エッチング液又は有機溶剤にてレジストマスク12を除去する(図14(d)参照)。

【0131】次に、ウェハーを再度MOCVD装置のサセブタ上にセットし、N₂及びNH₃雰囲気下、基板温度約550°CにてMgドープInN層6を再蒸発させ、MgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5の表面を露出15させる(図14(e)参照)。

【0132】次に、所定の基板温度にて、露出させたMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5の表面上に、例えばMgを数原子層堆積させる(5P1)、或いはイオン注入を行う(5P2)又はMg高ドープAl_{0.1}Ga_{0.9}N層を積層する(5P3)ことにより、Mg高ドープ濃度領域(高濃度不純物領域)20を形成する。ここで、好ましいP型材料としては、蒸気圧が低く温度依存性の少ないCp₂Mgがよい(図15(a)参照)。

【0133】ここで、Mg高ドープ濃度領域20の好ましいMg不純物濃度の範囲は $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ とする。

【0134】例えば、P型不純物としての有機金属はD

MZn、DEZn等を用いてもよい。なお、P型不純物高濃度領域を形成する基板温度は、例えば400~800°Cの範囲が好ましい。

【0135】次に、2回目の結晶成長を行う。露出させたMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5の表面上のMg高ドープ濃度領域20よりMgの再蒸発を防止するために、基板温度400°C~650°CにてMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}N不純物蒸発防止層21を10~20nm成長させる(図15(b)参照)。

【0136】ここで、低温基板温度にて積層した不純物蒸発防止層21は多結晶であるが、この表面上に再成長するために基板温度の昇温中に不純物蒸発防止層21は多結晶から単結晶になり、特に素子特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0137】次に、基板温度を1050°C程度まで昇温し、MgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層8を0.7~1μm程度及びMgドープGaNコンタクト層9を0.5~1μm程度成長させる。ここで、基板温度を昇温中にMgドープクラッド層5の表面上に堆積されたMgがAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5中に拡散される(図15(c)参照)。

【0138】次に、ウェハーをMOCVD装置から取り出し、N₂雰囲気下、800°Cにて熱アニーリングを行い、Mgドープ層をP型に変化させる。そして、P型GaNコンタクト層9の上にP型用電極10、低抵抗N型SiC基板1にN型用電極11を形成する(図15(d)参照)。

【0139】以上の工程により、図13に示す構造の窒化ガリウム系化合物半導体レーザが作製される。

【0140】本実施形態5の窒化ガリウム系化合物半導体レーザによれば、再蒸発層を低温にて再蒸発させ、露出されたクラッド層表面上にP型不純物を堆積させ、イオン注入を行う又は高ドープAl_{0.1}Ga_{0.9}N層を積層することにより高ドープ濃度領域20を形成し、かつP型不純物の再蒸発を防止するために、Al_{0.1}Ga_{0.9}N不純物蒸発防止層21を形成する素子構造をとるため、再成長界面でのキャリアの欠乏を防止できる。このため、再成長界面での直列抵抗分が低くなり、順方向電圧が低い、再成長界面が良好な信頼性の優れた内部電流狭窄型窒化ガリウム系半導体レーザ又は発光素子の作製が可能となる。

【0141】(実施形態6)図16は本発明窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の実施形態6を示す。本実施形態6の窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、サファイヤ基板1の表面にGaN又はAlN又はAl_{0.1}Ga_{0.9}Nバッファ層2'を形成した点と、N型用電極11をN型GaNバッファ層2の上に形成した点が、主として実施形態1の窒化ガリウム系化合物半導体レーザと異なっている。

【0142】なお、この窒化ガリウム系化合物半導体レ

ーザも、MOCVD法によって作製される。本実施形態4では、基板としてサファイヤ基板を用い、V族原料、III族原料、P型不純物、N型不純物及びキャリアガスについては上記各実施形態と同様である。

【0143】以下にその製造工程を図17(a)～(e)及び図18(a)～(d)に基づいて説明する。

【0144】まず、1回目の結晶成長を行うため、サファイヤ基板1をMOCVD装置のサセブタ上にセットし、基板温度1200°C程度まで昇温し、表面処理を施す。次に、サファイヤ基板の基板温度を500°C～650°C程度まで降温し、サファイヤ基板1にGa_{0.1}N、Al_{0.1}N又はAl_{0.1}Ga_{0.9}Nバッファ層2'を50nm～2μm程度成長させる。次に、基板温度を1050°C程度まで昇温し、N型Ga_{0.1}Nバッファ層2を0.5～1μm程度成長させ、次に、N型Ga_{0.1}Nバッファ層2の上にN型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層3を0.7～1μm程度成長させる。

【0145】次に、基板温度を800～850°C程度に降温し、PドーブIn_{0.1}Ga_{0.9}N活性層4を3～80nm成長させ、次に、基板温度を1050°C程度まで昇温、MgドーブAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5を0.1～0.3μm程度成長させ、更に、基板温度400～850°C程度に降温し、MgドーブIn_{0.1}N再蒸発層6を3nm成長させる。次に、基板温度を1050°C程度まで昇温しながら、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}N内部電流狭窄層7を0.5μm成長させる(図17(a)参照)。

【0146】次に、ウェハを成長室から取り出し、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}N内部電流狭窄層7の上にSiO₂、SiN_x又はレジストマスク12を形成し、通常のフォトリソグラフィ技術を用いてN型Al_{0.1}Ga_{0.9}N内部電流狭窄層7の上のSiO₂、SiN_x又はレジストマスク12の一部をストライプ状に除去して開口13を形成する(図17(b)参照)。

【0147】次に、このウェハを大気中でウェットエッチング又はドライエッチング、例えば上述のRIE又はECR-RIEにおいて、BCl₃/Ar又はCCl₄/F₂/Ar等のガスを用いて、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}N内部電流狭窄層7をMgドーブIn_{0.1}N再蒸発層6の表面が露出するまでエッチング14する(図17(c)参照)。

【0148】次に、フッ酸系エッチング液又は有機溶剤にてレジストマスク12を除去する。

【0149】次に、ウェハを再度MOCVD装置のサセブタ上にセットし、N₂及びNH₃雰囲気下、基板温度約550°CにてMgドーブIn_{0.1}N層6を再蒸発させ、MgドーブAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5の表面を露出15させる(図17(d)参照)。

【0150】次に、所定の基板温度にて、露出させたMgドーブAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5の表面上に、例えばMgを数原子層堆積させる(5P1)、或いはイオン注入を行う(5P2)又はMg高ドーブAl_{0.1}Ga_{0.9}N層を積層する(5P3)ことによりMg高ドーブ濃度領域20を形成する。

【0151】ここで、好ましいP型材料及びMg不純物濃度の範囲等は上記実施形態5と同様である。

【0152】次に、2回目の結晶成長を行う。露出させたMgドーブAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5の表面上のMg高ドーブ濃度領域20よりMgの再蒸発を防止するために、基板温度400°C～650°CにてMgドーブAl_{0.1}Ga_{0.9}N不純物蒸発防止層21を10～20nm成長させる(図18(a)参照)。

【0153】この不純物蒸発防止層20も多結晶であるが、この表面上に再成長するために基板温度の昇温中に不純物蒸発防止層20は多結晶から単結晶になり、特に素子特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0154】次に、基板温度を1050°C程度まで昇温し、MgドーブAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層8を0.7～1μm程度及びMgドーブGa_{0.1}Nコンタクト層9を0.5～1μm程度成長させる。ここで、基板温度を昇温中にMgドーブクラッド層5の表面上に堆積されたMgがMgドーブAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5中に拡散される(図18(b)参照)。

【0155】次に、ウェハをMOCVD装置から取り出し、N₂雰囲気下、800°Cにて熱アニーリングを行い、Mgドーブ層をP型に変化させる。次に、N型用電極付けを行うために、N型Ga_{0.1}N層2の表面が露出するまでエッチング16する(図18(c)参照)。

【0156】そして、P型Ga_{0.1}Nコンタクト層9の上にP型用電極10、N型Ga_{0.1}N層2にN型用電極11を形成する(図18(d)参照)。

【0157】以上の工程により、図16に示す構造の窒化ガリウム系化合物半導体レーザが作製される。

【0158】本実施形態6の窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、実施形態5の窒化ガリウム系化合物半導体レーザと同様の素子構造を有するので、上記同様の効果を奏することができる。

【0159】(実施形態7)図19は本発明窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の実施形態7を示す。本実施形態7の窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、実施形態5の窒化ガリウム系化合物半導体レーザと同様の構造であり、MOCVD法によって作製される。本実施形態7では、基板として低抵抗P型SiC基板を用い、V族原料、III族原料、P型不純物、N型不純物及びキャリアガスについては上記各実施形態と同様である。

【0160】以下にその製造工程を図20(a)～(e)及び図21(a)～(d)に基づいて説明する。

【0161】まず、1回目の結晶成長を行うため、低抵抗P型SiC基板1をMOCVD装置のサセブタ上にセットし、基板温度1200°C程度まで昇温し、表面処理を施す。次に、低抵抗P型SiC基板1の基板温度を1050°C程度まで降温し、低抵抗P型SiC基板1上にMgドーブAl_{0.1}Ga_{0.9}N層を積層する(5P3)ことによりMg高ドーブ濃度領域20を形成する。

ブGa_{0.9}Nバッファ層2を0.5~1μm程度成長させる。次に、MgドープGa_{0.9}Nバッファ層2の上にMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層3を0.7~1μm程度成長させる。次に、基板温度を800~850°C程度に降温し、ノンドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N活性層4を3~80nm成長させ、次に、基板温度を400°C~1050°C程度まで昇温しながら、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5を0.1~0.3μm程度成長させ、更に、基板温度を800~850°C程度に降温し、N型InN再蒸発層6を3nm成長させ、基板温度を1050°C程度まで昇温し、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7を0.5μm程度成長させる。ここで、内部電流狭窄層7は電流が流れない高低抗層も含む(図20(a)参照)。

【0162】次に、ウェハーを成長室から取り出し、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7の上にSiO₂、SiN_x又はレジストマスク12を形成し、通常の写真リソグラフィ技術を用いて、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7の上のSiO₂、SiN_x又はレジストマスク12の一部をストライプ状に除去して開口13を形成する(図20(b)参照)。

【0163】次に、このウェハーを大気中でウェットエッチング又はドライエッチング法、例えば上述のECR-RIBEにおいて、BCl₃/Ar又はCCl₂F₂/Ar等のガスを用いて、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7をN型InN再蒸発層6の表面が露出するまでエッチング14する(図20(c)参照)。

【0164】次に、フッ酸系エッチング液又は有機溶剤にてレジストマスク12を除去する(図20(d)参照)。

【0165】次に、ウェハーを再度MOCVD装置のサセプタ上にセットし、N₂及びNH₃雰囲気下、基板温度約550°CにてN型InN層6を再蒸発させ、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5の表面を露出15させる(図20(e)参照)。

【0166】次に、所定の基板温度にて露出させたN型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5の表面上にN型不純物として、例えばSiを数原子層堆積させる(5N1)、或いはイオン注入を行う(5N2)又はSi高ドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N層を積層する(5N3)ことによりSi高ドープ濃度領域20を形成する(図21(a)参照)。

【0167】ここで、Si高ドープ濃度領域20の好ましいキャリア濃度の範囲は $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ とする。

【0168】例えば、N型不純物として水素化物の水素希釈ガスのジシラン(Si₂H₆)、硫化水素(H₂S)、硫化セレン(H₂Se)、GeH₄、SnH₄、TeH₄等を用いてもよい。例えば、N型不純物高濃度領域を形成する基板温度は400~800°Cの範囲が好ましい。

【0169】次に、2回目の結晶成長を行う。露出させ

たSiドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5表面上のSi高ドープ濃度領域よりSiの再蒸発を防止するために、基板温度400°C~650°CにてSiドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N不純物蒸発防止層21を10~20nm積層する(図21(a)参照)。ここで、低温基板温度にて積層したドーバント蒸発防止層21は多結晶であるが、この表面上に再成長するために基板温度の昇温中にドーバント蒸発防止層21は多結晶から単結晶になり、特に素子特性に悪影響をおよぼすことはない(図21(b)参照)。

【0170】次に、基板温度を1050°C程度まで昇温し、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層8を0.7~1μm程度及びN型Ga_{0.9}Nコンタクト層9を0.5~1μm程度成長させる。ここで、基板温度を昇温中にN型クラッド層5表面上のSi高ドープ領域20よりSiがN型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5中に拡散される(図21(c)参照)。

【0171】次に、ウェハーをMOCVD装置から取り出し、N₂雰囲気下、800°Cにて熱アニーリングを行い、Mgドープ層をP型に変化させる。N型Ga_{0.9}Nコンタクト層9の上にN型用電極11、低抵抗P型SiC基板1にP型用電極10を形成する(図21(d)参照)。

【0172】以上の工程によって図19に示す構造の窒化ガリウム系化合物半導体レーザが作製される。

【0173】本実施形態7の窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、実施形態5及び実施形態6の窒化ガリウム系化合物半導体レーザと同様の素子構造を有するので、上記同様の効果を奏することができる。

【0174】(実施形態8)図22は本発明窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の実施形態8を示す。本実施形態8の窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、実施形態6の窒化ガリウム系化合物半導体レーザと同様の構造であり、MOCVD法によって作製される。本実施形態8では、基板としてサファイヤ基板を用い、V族原料、III族原料、P型不純物、N型不純物及びキャリアガスについては上記各実施形態と同様である。

【0175】以下にその製造工程を図23(a)~

(e)及び図24(a)~(d)に基づいて説明する。

【0176】まず、1回目の結晶成長を行うため、サファイヤ基板1をMOCVD装置のサセプタ上にセットし、基板温度1200°C程度まで昇温し、表面処理を施す。次に、サファイヤ基板1の基板温度を500°C~650°C程度まで降温し、サファイヤ基板1上にGa_{0.9}N、Al_{0.1}N又はAl_{0.1}Ga_{0.9}Nバッファ層2を50nm~2μm程度成長させる。

【0177】次に、基板温度を1050°C程度まで昇温し、MgドープGa_{0.9}Nバッファ層2を0.5~1μm程度成長させ、次に、MgドープGa_{0.9}Nバッファ層2の上にMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層3を0.7~1μm程度成長させる。次に、基板温度を400~850°C程度に

10

20

30

40

50

降温し、ノンドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N活性層4を3~80nm成長させ、次に、基板温度を400°C~1050°C程度まで昇温しながら、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5を0.1~0.3μm程度成長させ、更に、基板温度を800~850°C程度に降温し、N型InN再蒸発層6を3nm成長させ、基板温度を1050°C程度まで昇温し、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7を0.5μm成長させる。ここで、内部電流狭窄層07は電流が流れない高抵抗層でもよい(図23(a)参照)。

【0178】次に、ウェハを成長室から取り出し、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7の上にSiO_x、SiN_x又はレジストマスク12を形成し、通常のフォトリソグラフィ技術を用いて、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7の上のSiO_x、SiN_x又はレジストマスク12の一部をストライプ状に除去して開口13を形成する(図23(b)参照)。

【0179】次に、このウェハをウェットエッチング又はドライエッチング、例えば上述のRIE又はECR-RIEにおいて、BCl₃/Ar又はCCl₂F₂/Ar等のガスを用いて、MgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流狭窄層7をN型InN再蒸発層6の表面が露出するまでエッチング14する(図23(c)参照)。

【0180】次に、フッ酸系エッチング液又は有機溶剤にてレジストマスク12を除去する。

【0181】次に、ウェハを再度MOCVD装置のサセプタ上にセットし、N₂及びNH₃雰囲気下、基板温度約550°CにてN型InN層6を再蒸発させ、N型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5表面を露出15させる(図23(d)参照)。

【0182】次に、所定の基板温度にて露出させたN型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5の表面上にN型不純物として、例えばSiを数原子層堆積させる(5N1)、或いはイオン注入を行う(5N2)又はSi高ドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N層を積層する(5N3)ことによりSi高ドープ濃度領域20を形成する(図23(e)参照)。

【0183】Si高ドープ濃度領域の好ましいキャリア濃度の範囲及びN型不純物、基板温度等は上記実施形態7同様とする。

【0184】次に、2回目の結晶成長を行う。露出させたSi高ドープ濃度領域20よりSiの再蒸発を防止するために、基板温度400°C~650°CにてSiドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N不純物蒸発防止層21を10~20nm積層する(図24(a)参照)。ここで、本実施形態8においても、低温基板温度にて積層した蒸発防止層21は多結晶であるが、この表面上に再成長するために基板温度の昇温中に不純物蒸発防止層21は多結晶から単結晶になり、特に素子特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0185】次に、基板温度を1050°C程度まで昇温し、

再成長N型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層8を0.7~1μm程度及びN型Ga_{0.9}Nコンタクト層9を0.5~1μm程度成長させる。ここで、基板温度を昇温中にN型クラッド層5表面上に堆積されたSiがN型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層5中に拡散される(図24(b)参照)。

【0186】次に、ウェハをMOCVD装置から取り出し、N₂雰囲気下、800°Cにて熱アニーリングを行い、Mgドープ層をP型に変化させる。次に、P型用電極付けを行うためにP型Ga_{0.9}N層2の表面が露出するまでエッチング16する(図24(c)参照)。

【0187】そして、N型Ga_{0.9}Nコンタクト層9の上にN型用電極11、P型Ga_{0.9}N層2'にP型用電極10を形成する(図24(d)参照)。

【0188】以上の工程によって、図22に示す構造の窒化ガリウム系化合物半導体レーザが作製される。

【0189】本実施形態8の窒化ガリウム系化合物半導体レーザは、実施形態5、実施形態6及び実施形態7の窒化ガリウム系化合物半導体レーザと同様の素子構造を有するので、上記同様の効果を奏することができる。

【0190】(実施形態9)上記の各実施形態では、表面保護層7'を備えた窒化ガリウム系化合物半導体レーザ及び高濃度不純物領域20と不純物蒸発防止層21を組み合わせた窒化ガリウム系化合物半導体レーザについて説明したが、表面保護層7'と高濃度不純物領域20を組み合わせた窒化ガリウム系化合物半導体レーザ及び表面保護層7'と高濃度不純物領域20と不純物蒸発防止層21を組み合わせた窒化ガリウム系化合物半導体レーザについても、本発明を同様に適用することができる。

【0191】このうち、表面保護層7'と高濃度不純物領域20と不純物蒸発防止層21を組み合わせた素子構造によれば、不純物の抜けをより一層確実に防止できるので、特に電気的特性が優れた高信頼性の窒化ガリウム系化合物半導体レーザを実現できる利点がある。

【0192】(実施形態10)図25は本発明の実施形態10を示し、本実施形態10では窒化ガリウム系化合物発光ダイオードに本発明を適用している。本実施形態10の窒化ガリウム系化合物発光ダイオードは、内部電流狭窄層7を備えた上記実施形態1~実施形態4の窒化ガリウム系化合物半導体レーザとは異なり、この内部電流狭窄層7の代わりに内部電流阻止層37を設けた構造をとっている。

【0193】この窒化ガリウム系化合物発光ダイオードにおいても、表面保護層37'が形成されており、この表面保護層37'の存在によって、上記各実施形態同様に、動作電圧の低減、発光パターンの安定化、閾値電流の低減、といった電気的特性及び光学的特性を向上でき、信頼性を向上できる窒化ガリウム系化合物発光ダイオードを実現するものである。

【0194】この窒化ガリウム系発光ダイオードも、上記同様に、以下MOCVD法によって作製され、V族原料、III族原料及びN型不純物については上記同様のものを用いている。

【0195】以下に図26(a)～(c)及び図27(a)～(c)に基づきその製造工程を説明する。

【0196】まず、1回目の結晶成長を行うため、N型SiC基板31をMOCVD装置のサセプタ上にセットし、基板温度1200℃程度まで昇温し、表面処理を施す。次に、N型SiC基板31の基板温度を500～650℃程度まで降温し、N型SiC基板31上にN型GaNバッファ層32を10～100nm程度成長させる。

【0197】次に、基板温度1050℃程度まで昇温し、N型GaN層33を0.5～4μm程度成長させ、次にN型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層34を0.1～0.3μm程度成長させる。次に、基板温度を800～850℃程度に降温し、ノンドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N活性層35を3～80nm成長させる。

【0198】次に、基板温度を1050℃程度まで昇温し、MgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層36を0.1～0.3μm程度成長させ、N型又は高抵抗Al_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流阻止層37を0.5μm成長させる(図26(a)参照)。

【0199】次に、ウェハを成長室から取り出し、N型又は高抵抗Al_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流阻止層37の上にSiO_x、SiN_x又はレジストマスク100を形成し、通常のフォトリソグラフィ技術を用いてN型又は高抵抗Al_{0.9}Ga_{0.1}N内部電流阻止層37の上のSiO_x、SiN_x又はレジストマスク100の一部を、例えば円形状にする(図26(b)参照)。

【0200】次に、このウェハをウェットエッチング又はドライエッチングによりMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層36の表面が露出するまでエッチング16する。

【0201】次に、フッ酸系エッチング液又は有機溶剤にてレジストマスク100を除去する(図26(c)参照)。

【0202】次に、ウェハを再度MOCVD装置のサセプタ上にセットし、2回目の結晶成長を行う。まず、基板温度を400～650℃程度にてMgドープAl_{0.9}Ga_{0.1}N表面蒸発保護層37'を20～100nm程度成長させる。次に、基板温度を1050℃程度まで昇温し、MgドープGaNコンタクト層39を0.5～1μm程度成長させる(図27(a)参照)。

【0203】ここで、低温基板温度にて積層した表面蒸発保護層37'は多結晶であるが、この表面上に再成長するために基板温度の昇温中に表面蒸発保護層37'は多結晶から単結晶になり、特に素子特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0204】次に、ウェハをMOCVD装置から取り

出し、N₂雰囲気下、800℃にて熱アニーリングを行い、Mgドープ層をP型に変化させる。そして、P型GaNコンタクト層39の上にP型用電極10'、N型SiC基板31にN型用電極12を形成する(図27(b)参照)。

【0205】次に、P型用電極10'の所望の位置にボンディング電極Au11を厚さ500～800nm形成する(図27(c)参照)。

【0206】以上の工程により、図25に示す構造の窒化ガリウム系化合物発光ダイオードが作製される。

【0207】本実施形態10の窒化ガリウム系化合物発光ダイオードにおいても、露出したクラッド層36の表面上及び内部電流阻止層37の表面を覆うように表面保護層37'を形成した素子構造をとるので、上記実施形態同様の効果を奏することができる。

【0208】なお、基板や各層の組成比等については、上記各実施形態で説明されたものの選択・組み合わせが可能である。

【0209】また、上記実施形態1～実施形態9では、本発明を窒化ガリウム系化合物半導体レーザに適用する場合について説明したが、窒化ガリウム系化合物発光ダイオードについても同様に適用することができる。

【0210】

【発明の効果】以上の本発明によれば、材料ガスの分解効率が悪くならない温度以上、内部電流狭窄層及び下地クラッド層が蒸発しない温度以下で形成された表面保護層を有するので、下地クラッド層から不純物が抜けるのを防止できるので、界面が高抵抗化することがない。この結果、順方向電圧を低減できるので、電気的特性を向上できる。

【0211】加えて、下地クラッド層表面等の表面荒れを防止できるので、再成長クラッド層の結晶性が良好なものとなり、表面状態を良好にできる。

【0212】また、ストライプ溝の溝形状、溝幅が変形することがないので、光学的特性を向上できる。

【0213】以上の理由により、上記構成の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子によれば、動作電圧の低減、発光パターンの安定化、閾値電流の低減、といった電気的特性及び光学的特性を向上でき、信頼性を向上できる窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を実現することが可能になる。

【0214】加えて、下地クラッド層が表面保護層によって熱的に保護され、その組成比を安定化できるので、この点においても信頼性を向上できる。

【0215】また、下地クラッド層の表面近傍に高濃度不純物領域を形成し、内部電流狭窄層を覆うように蒸発防止層を形成する構成をとる本発明によれば、高濃度不純物領域から不純物が気相中に抜けるのを防止できるので、再成長界面での直列抵抗分を低くできる。この結果、ストライプ状の溝等を形成するために、大気中にウ

ェハーを取り出して、フォトリソグラフィ工程によりエッチングしてストライプ溝を形成し、電流狭窄層を形成する場合であっても、再成長界面に界面順位が生じ、再成長界面での直列抵抗分が大きくなることはない。

【0216】このため、順方向電圧が低く電気的特性が良好な、かつ再成長界面が良好な信頼性の高い窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1を示す、窒化ガリウム系化合物半導体レーザの模式的断面図。

【図2】(a)～(d)は、本発明の実施形態1を示す、図1の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の前半部を示す工程図。

【図3】(a)～(c)は、本発明の実施形態1を示す、図1の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の後半部を示す工程図。

【図4】本発明の実施形態2を示す、窒化ガリウム系化合物半導体レーザの模式的断面図。

【図5】(a)～(c)は、本発明の実施形態2を示す、図4の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の前半部を示す工程図。

【図6】(a)～(d)は、本発明の実施形態2を示す、図4の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の後半部を示す工程図。

【図7】本発明の実施形態3を示す、窒化ガリウム系化合物半導体レーザの模式的断面図。

【図8】(a)～(d)は、本発明の実施形態3を示す、図7の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の前半部を示す工程図。

【図9】(a)～(c)は、本発明の実施形態3を示す、図7の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の後半部を示す工程図。

【図10】本発明の実施形態4を示す、窒化ガリウム系化合物半導体レーザの模式的断面図。

【図11】(a)～(c)は、本発明の実施形態4を示す、図10の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の前半部を示す工程図。

【図12】(a)～(d)は、本発明の実施形態4を示す、図10の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の後半部を示す工程図。

【図13】本発明の実施形態5を示す、窒化ガリウム系化合物半導体レーザの模式的断面図。

【図14】(a)～(e)は、本発明の実施形態5を示す、図13の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の前半部を示す工程図。

【図15】(a)～(d)は、本発明の実施形態5を示す、図13の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の後半部を示す工程図。

【図16】本発明の実施形態6を示す、窒化ガリウム系化合物半導体レーザの模式的断面図。

【図17】(a)～(e)は、本発明の実施形態6を示す、図16の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の前半部を示す工程図。

【図18】(a)～(d)は、本発明の実施形態6を示す、図16の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の後半部を示す工程図。

【図19】本発明の実施形態7を示す、窒化ガリウム系化合物半導体レーザの模式的断面図。

【図20】(a)～(e)は、本発明の実施形態7を示す、図19の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の前半部を示す工程図。

【図21】(a)～(d)は、本発明の実施形態7を示す、図19の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の後半部を示す工程図。

【図22】本発明の実施形態8を示す、窒化ガリウム系化合物半導体レーザの模式的断面図。

【図23】(a)～(e)は、本発明の実施形態8を示す、図22の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の前半部を示す工程図。

【図24】(a)～(d)は、本発明の実施形態8を示す、図22の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程の後半部を示す工程図。

【図25】本発明の実施形態10を示す、窒化ガリウム系化合物発光ダイオードの模式的断面図。

【図26】(a)～(c)は、本発明の実施形態10を示す、図25の窒化ガリウム系化合物発光ダイオードの製造工程の前半部を示す工程図。

【図27】(a)～(c)は、本発明の実施形態10を示す、図25の窒化ガリウム系化合物発光ダイオードの製造工程の後半部を示す工程図。

【図28】従来の窒化ガリウム系半導体レーザを示す模式的断面図。

【図29】従来の窒化ガリウム系半導体レーザが有する問題点を説明するための模式的断面図。

【符号の説明】

1 基板(低抵抗N型SiC、サファイヤ基板)

2 N型GaNバッファ層

3 N型AlGaN(下部)クラッド層

4 ノンドープInGaN活性層

5、8 P型AlGaN(上部)クラッド層

7 N型AlGaN内部電流狭窄層

7' N型AlGaN表面保護層

9 P型GaNコンタクト層

10 P型用電極

11 N型用電極

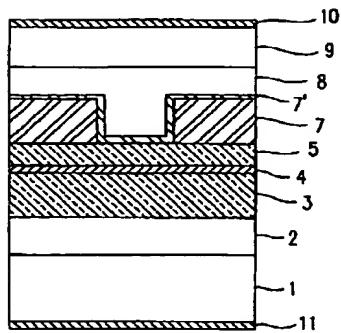
12 SiO₂、SiN_x又はレジストマスク

13 開口

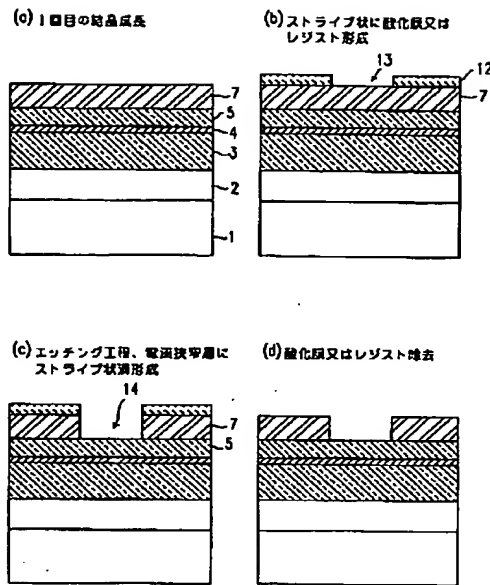
20 高濃度不純物領域(P型高濃度領域、N型高濃度領域)

21 蒸発防止層

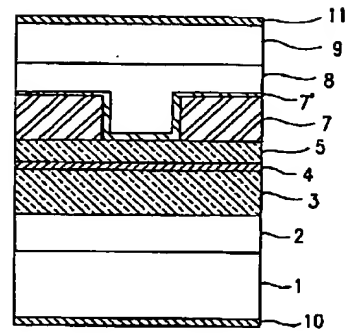
【図1】



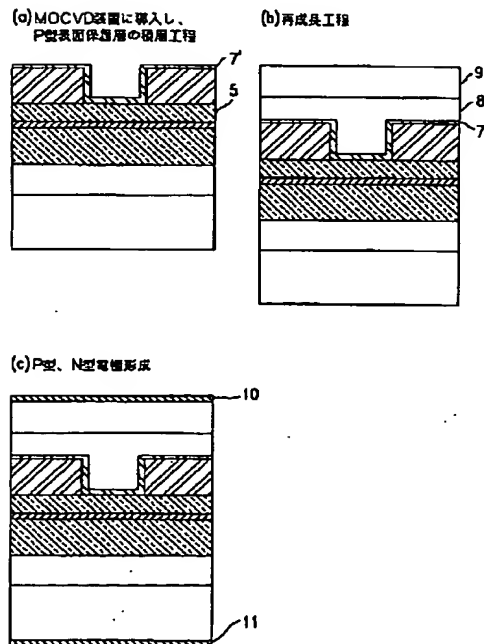
【図2】



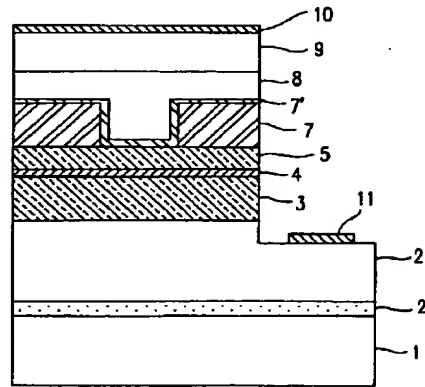
【図7】



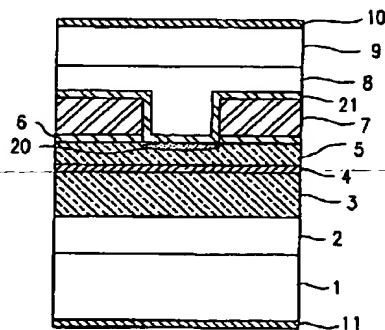
【図3】



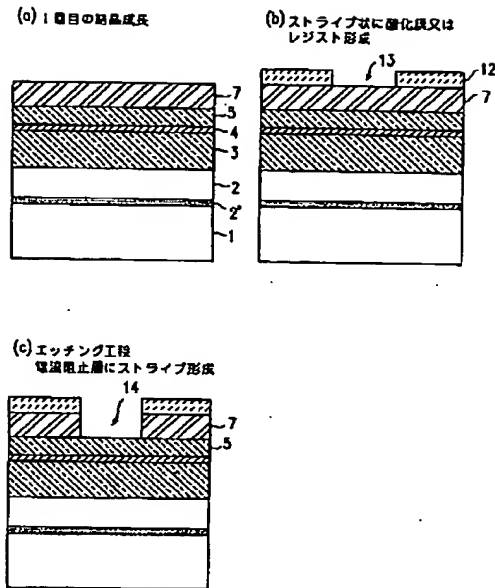
【図4】



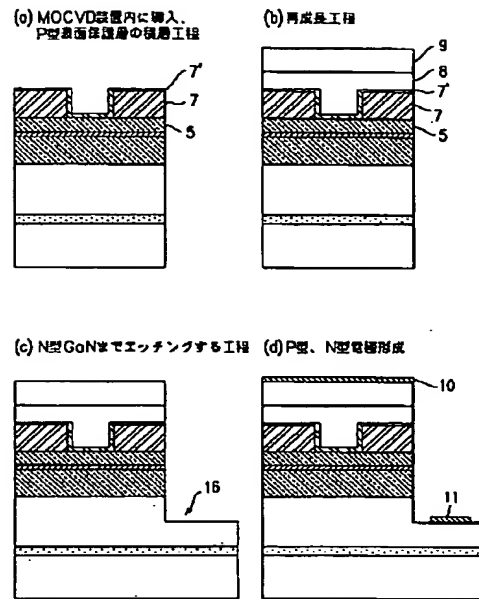
【図13】



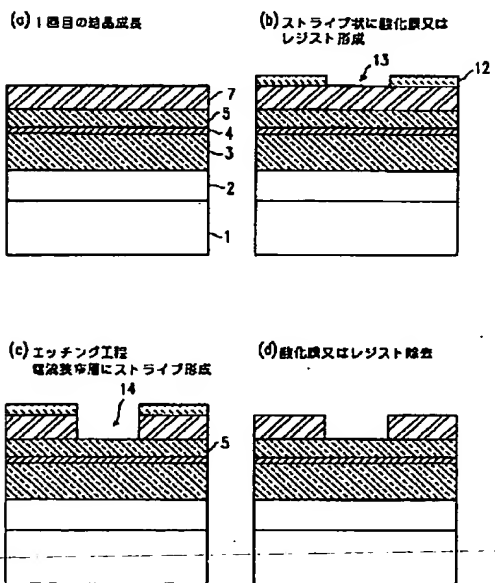
【図5】



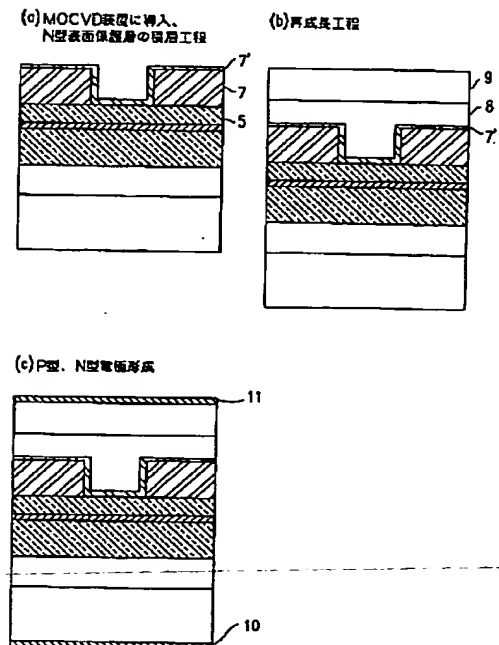
【図6】



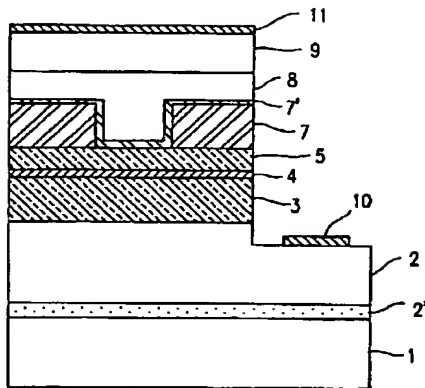
【図8】



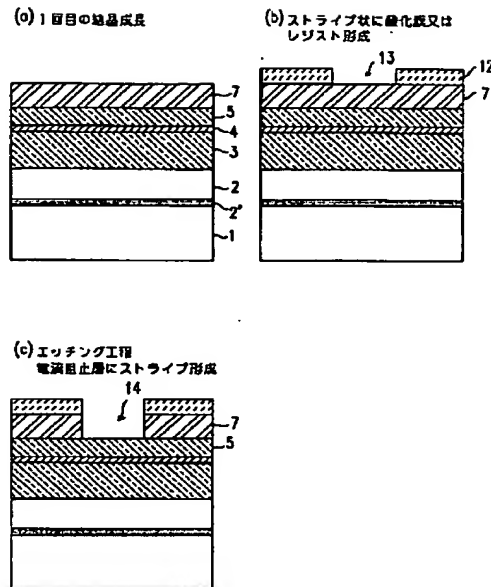
【図9】



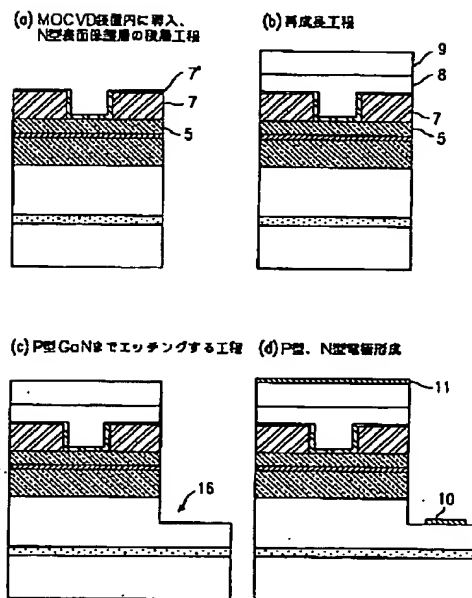
【図10】



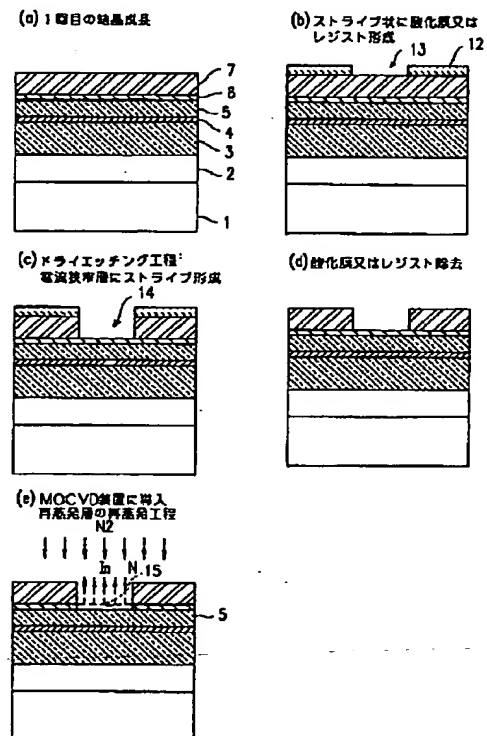
【図11】



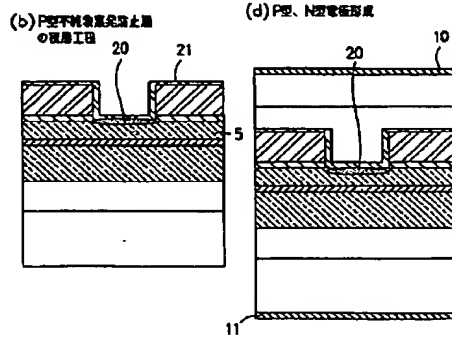
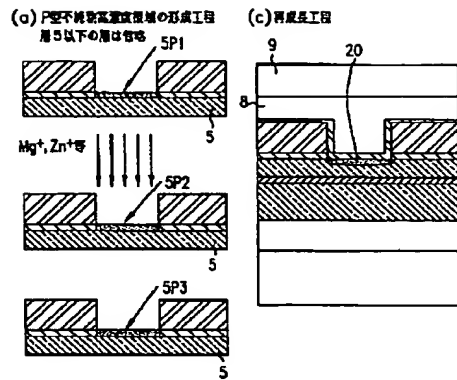
【図12】



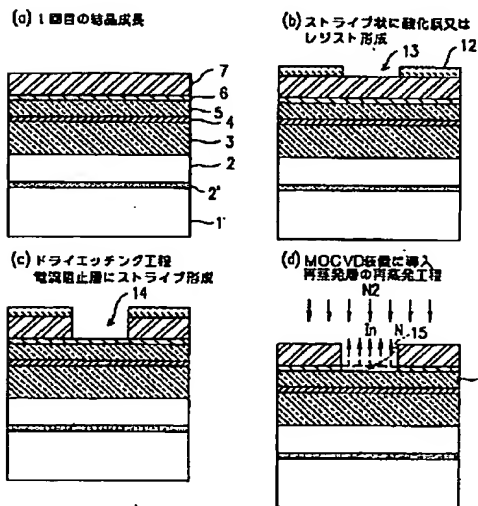
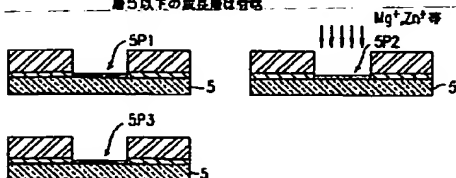
【図14】



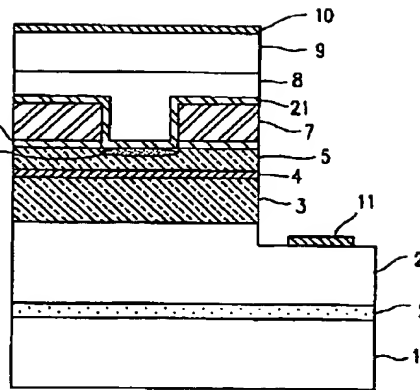
【図15】



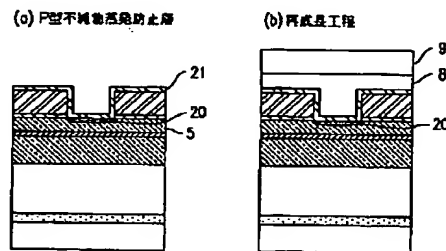
【図17】

(e) P型不純物濃度調整領域の形成工程
層5以下の成長層は省略

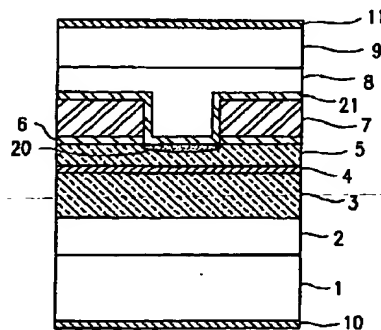
【図16】



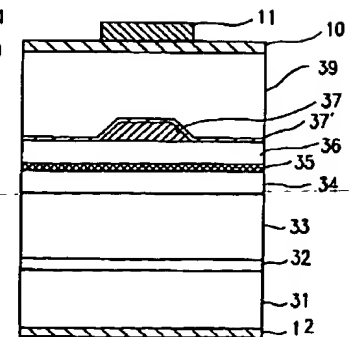
【図18】



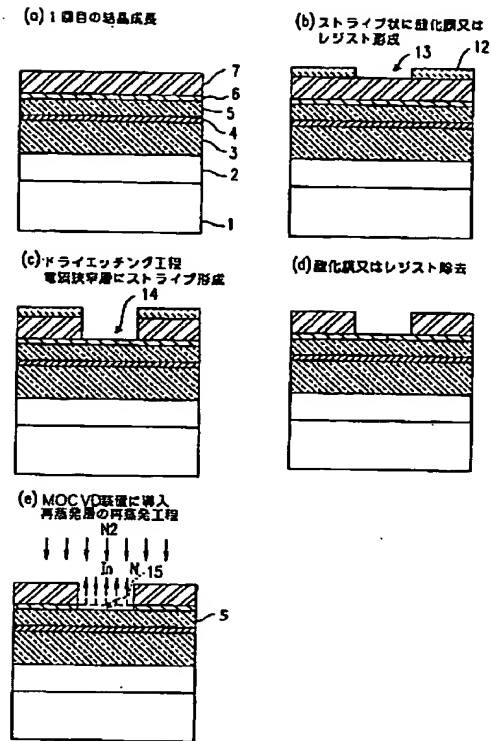
【図19】



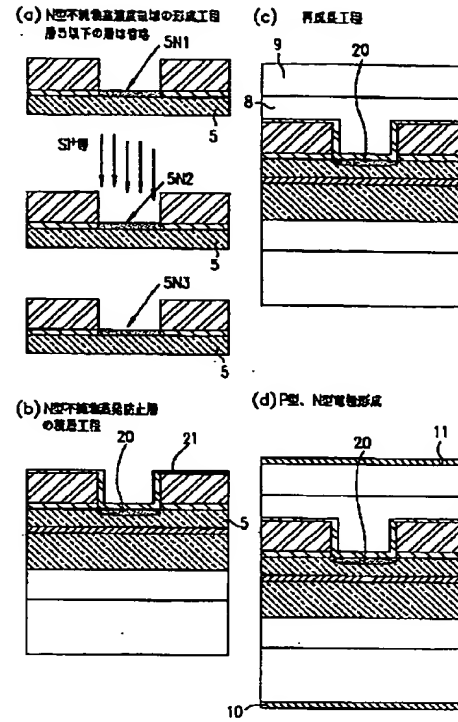
【図25】



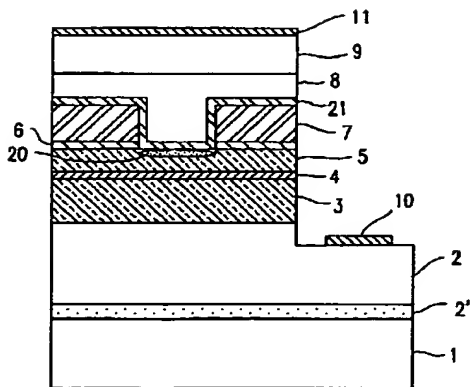
【図20】



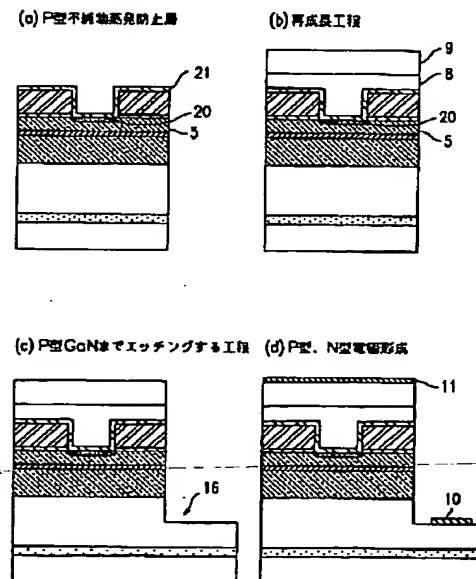
【図21】



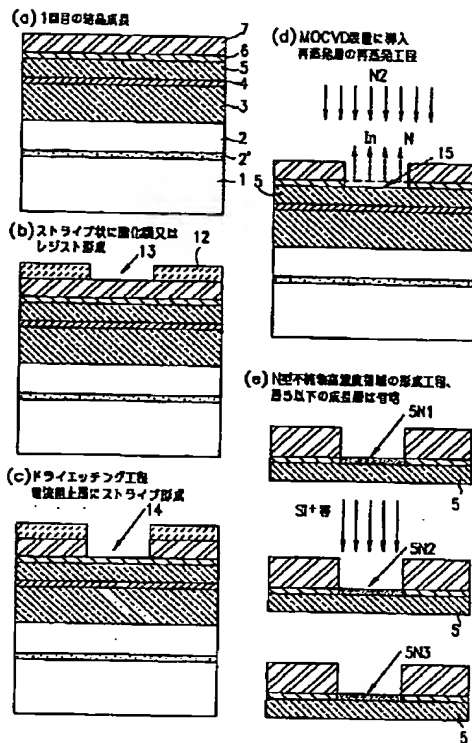
【図22】



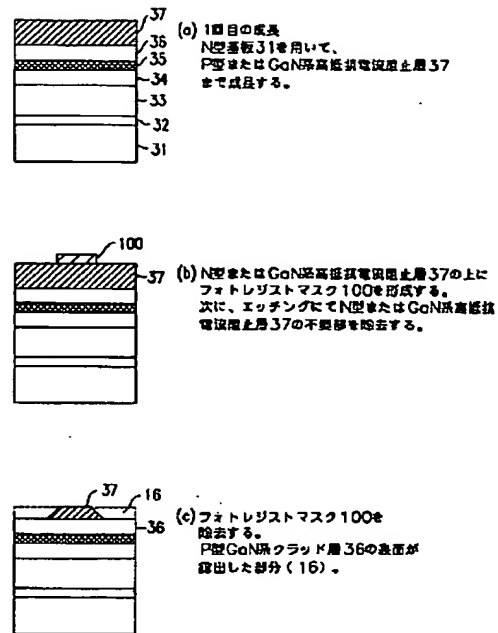
【図24】



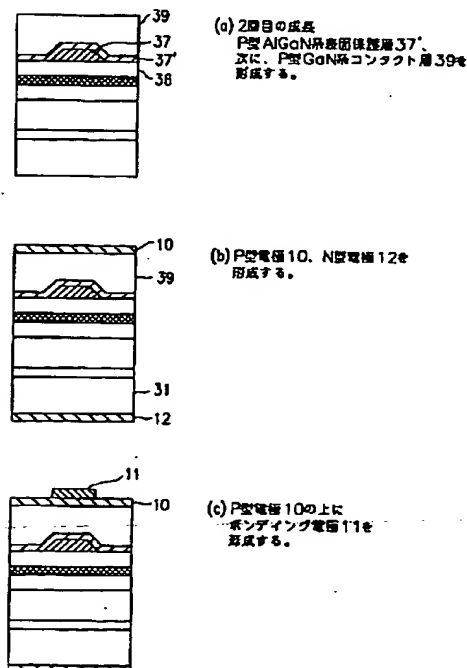
【図23】



【図26】



【図27】



【図28】

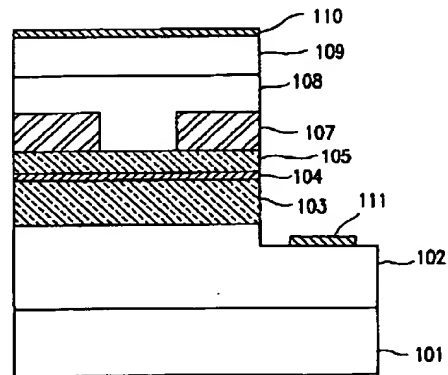


Figure 1 is a cross-sectional diagram of a semiconductor device. The diagram shows several layers labeled 101 through 104. Layer 101 is the bottom-most layer. Above it is layer 102, which contains a region labeled 'P型不純物の抜け' (loss of P-type impurities). Layer 103 is above 102 and contains a region labeled '表面荒れ' (surface roughness). Layer 104 is the top-most layer and contains a region labeled '溝形状の変形' (deformation of the groove shape). A label '107' points to a specific layer within 104. A label '電流狭窄層' (current constriction layer) points to a region within layer 104. A label 'AlGaInグラッド層 105' points to a region within layer 104. A label '欠陥' (defect) points to a region within layer 104. A label '表面荒れ' (surface roughness) points to the top surface of layer 104. A label '結晶性の悪い再成長 AlGaIn グラッド層 105' points to the top surface of layer 104.